



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    7 月 1 6 日  
Date of Application:

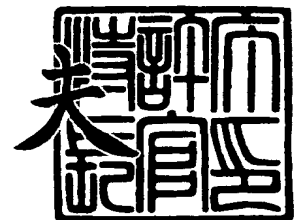
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 1 9 7 7 4 0  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 1 9 7 7 4 0 ]

出      願      人                      株式会社豊田中央研究所  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 1 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 4 0 0 3



【書類名】 特許願

【整理番号】 TCP-00218

【提出日】 平成15年 7月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01L 5/16

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式  
                          会社豊田中央研究所内

    【氏名】 梅野 孝治

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式  
                          会社豊田中央研究所内

    【氏名】 浅野 勝宏

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式  
                          会社豊田中央研究所内

    【氏名】 渡辺 良利

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式  
                          会社豊田中央研究所内

    【氏名】 菅井 賢

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式  
                          会社豊田中央研究所内

    【氏名】 浅海 周

【特許出願人】

    【識別番号】 000003609

    【氏名又は名称】 株式会社豊田中央研究所

**【代理人】**

**【識別番号】** 100079049  
**【弁理士】**  
**【氏名又は名称】** 中島 淳  
**【電話番号】** 03-3357-5171

**【選任した代理人】**

**【識別番号】** 100084995  
**【弁理士】**  
**【氏名又は名称】** 加藤 和詳  
**【電話番号】** 03-3357-5171

**【手数料の表示】**

**【予納台帳番号】** 006839  
**【納付金額】** 21,000円

**【先の出願に基づく優先権主張】**

**【出願番号】** 特願2003- 8104  
**【出願日】** 平成15年 1月16日

**【提出物件の目録】**

**【物件名】** 明細書 1  
**【物件名】** 図面 1  
**【物件名】** 要約書 1  
**【包括委任状番号】** 9102478

**【プルーフの要否】** 要

**【書類名】** 明細書**【発明の名称】** モーメント検出装置及びタイヤ発生力検出装置**【特許請求の範囲】**

**【請求項 1】** 回転体が回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を各々発生すると共に、該発生される信号の位相が異なるように予め定められた位置に配置された複数の信号発生手段と、

前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号に基づいて、前記回転軸の位置ずれ量に対応する特徴量を検出する特徴量検出手段と、

前記回転軸の位置ずれによって変化する特徴量と前記回転軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係と、前記検出手段により検出された前記特徴量と、に基づいて、前記回転軸に加わるモーメントを検出するモーメント検出手段と、

を備えたモーメント検出装置。

**【請求項 2】** 前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号から、周期が前記回転体の回転角及び前記回転軸の位置ずれに対応するパルスが発生するパルス発生手段と、

を備え、

前記特徴量検出手段は、前記パルス発生手段により発生された前記パルスから、前記特徴量を検出する、

ことを特徴とする請求項 1 記載のモーメント検出装置。

**【請求項 3】** 前記特徴量検出手段は、

前記回転体の 1 周期内の前記パルス発生手段により発生された各パルスの周期と、前記回転体の 1 周期内の前記回転体の回転速度の平均値と、から、前記回転軸の位置変化に伴う回転体の各パルス毎の速度変動率を求める速度変動率算出手段と、

前記求められた回転体の速度変動率の所定の高次成分を前記特徴量として検出する高次成分算出手段と、

から構成されたことを特徴とする請求項 2 記載のモーメント検出装置。

【請求項 4】 前記信号発生手段は、前記回転体と前記回転軸側の固定子との間の磁束の大きさに基づいて、前記信号を発生することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか 1 項に記載のモーメント検出装置。

【請求項 5】 前記特徴量検出手段は、前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号の位相差に依存する量を前記特徴量として検出することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 の何れか 1 項に記載のモーメント検出装置。

【請求項 6】 前記特徴量検出手段は、前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号の積をとることにより生成される信号のオフセット量を前記特徴量として検出することを特徴とする請求項 5 に記載のモーメント検出装置。

【請求項 7】 前記特徴量検出手段は、前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号の差をとることにより生成される信号の振幅に依存する量を前記特徴量として検出することを特徴とする請求項 1 に記載のモーメント検出装置。

【請求項 8】 前記回転体の回転角を検出する回転角検出手段と、  
前記複数の信号発生手段により発生された複数の信号の振幅を求める振幅検出手段と、

を備え、

前記特徴量検出手段は、前記回転角検出手段により検出された角度に基づいて、前記回転角が所定角度における前記振幅検出手段により求められた前記複数の信号の振幅を前記特徴量として検出する、

ことを特徴とする請求項 1 記載のモーメント検出装置。

【請求項 9】 前記所定角度は、前記振幅検出手段により求められる複数の信号の振幅がピークとなる回転体の回転角として認められる回転角を含む所定範囲内の角度であることを特徴とする請求項 8 記載のモーメント検出装置。

【請求項 10】 前記所定角度は前記複数の信号の振幅がピークとなる回転体の回転角として認められる回転角度であって、0 以上の整数を  $n$  とすると、

$$(\pi/4) + n \cdot (\pi/2)$$

であることを特徴とする請求項 9 記載のモーメント検出装置。

【請求項 11】 前記回転軸の軸剛性は前記力のモーメントであることを特

徴とする請求項 1 乃至請求項 10 の何れか 1 項に記載のモーメント検出装置。

【請求項 12】 車両に取付けられたタイヤが回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を各々発生すると共に、該発生される信号の位相が異なるように予め定められた位置に配置された複数の信号発生手段と、

前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号に基づいて、前記回転軸の位置ずれ量に対応する特徴量を検出する特徴量検出手段と、

前記回転軸の位置ずれによって変化する特徴量と前記回転軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係、前記検出手段により検出された前記特徴量、及び前記タイヤの機構情報に基づいて、タイヤと路面との間に発生するタイヤ発生力を検出するタイヤ発生力検出手段と、

を備えたタイヤ発生力検出装置。

【請求項 13】 車両に取付けられたタイヤが回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を各々発生すると共に、該発生される信号の位相が異なるように予め定められた位置に配置された複数の信号発生手段と、

前記回転体の回転角を検出する回転角検出手段と、

前記複数の信号発生手段により発生された複数の信号の振幅を求める振幅検出手段と、

前記回転角検出手段により検出された角度及び前記振幅検出手段により検出された前記複数の信号の振幅に基づいて、前記複数の信号の振幅がピークとなる回転体の回転角と前記複数の信号の振幅がピークとなる回転体の回転角と認められる回転角との差と、前記複数の信号の振幅のピークと、を検出する検出手段と、

前記検出手段により検出された前記回転角の差と前記ピークとに基づいて、タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメントを検出するタイヤ発生力検出手段と、

を備えたタイヤ発生力検出装置。

【請求項 14】 車両に取付けられたタイヤが回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさ

が周期的に変化する信号を各々発生すると共に、該発生される信号の位相が異なるように予め定められた位置に配置され、かつ、互いにタイヤの回転角度で  $180^\circ$  ずれた位置に配置されると共に、タイヤの上下方向の仮想軸に対称となる位置に配置された信号発生手段対と、

前記信号発生手段対各々により発生された信号の差を検出する検出手段と、

前記検出手段により検出された前記複数の信号発生手段対各々により発生された信号の差に基づいて、タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメントを検出するタイヤ発生力検出手段と、

を備えたタイヤ発生力検出装置。

【請求項 15】 車両に取付けられたタイヤが回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を各々発生すると共に、タイヤ上下方向の仮想軸に互いにタイヤの回転角度で  $180^\circ$  ずれた位置に配置された信号発生手段対と、

前記信号発生手段対により発生された信号の差を検出する検出手段と、

前記検出手段により検出された前記信号発生手段対により発生された信号の差に基づいて、タイヤの前後方向の仮想軸まわりのモーメントを検出するタイヤ発生力検出手段と、

を備えたタイヤ発生力検出装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、モーメント検出装置及びタイヤ発生力検出装置に係り、より詳細には、回転体が回転する基準となる回転軸に加わるモーメントを検出するモーメント検出装置及びタイヤと路面との間に発生するタイヤ発生力を検出するタイヤ発生力検出装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

従来、タイヤに発生する前後力、セルフライニングトルク、及び横力などのタイヤ発生力は、車輪の横滑りを防止する際に、車両の運動を知るために必要とな

っている。

【0003】

特許文献1には、サスペンション内のナックルに歪ゲージを埋め込み、タイヤ発生力を求めることが開示されており、特許文献2には、タイヤ表面に磁気マーカを埋め込み、磁気変化を検出して、タイヤ発生力を求めることが開示されている。

【0004】

【特許文献1】

特開平04-331336号公報

【特許文献2】

特表平10-506346号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記いずれの技術も、ナックルやタイヤに多くの加工を必要とし、信頼性の高いものとは言えない。

【0006】

本発明は、上記事実に鑑みなされたもので、信頼性の高いモーメント検出装置及びタイヤ発生力検出装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため請求項1記載の発明にかかるモーメント検出装置は、回転体が回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を各々発生すると共に、該発生する信号の位相が異なるように予め定められた位置に配置された複数の信号発生手段と、前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号に基づいて、前記回転軸の位置ずれによって変化する特徴量を検出する特徴量検出手段と、前記回転軸の位置ずれ量に対応する特徴量と前記回転軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係と、前記検出手段により検出された前記特徴量と、に基づいて、該モーメントを検出するモーメント検出手段と、を備えている。

## 【0008】

本発明にかかるモーメント検出装置は、各々発生する信号の位相が異なるように予め定められた位置に配置された複数の信号発生手段を備えている。複数の信号発生手段各々は、回転体が回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を発生する。なお、信号発生手段は、請求項4のように、前記回転体と前記回転軸側の固定子との間の磁束の大きさに基づいて、前記信号を発生する。例えば、信号発生手段は、前記回転体と前記回転軸側の固定子との間に発生する電磁誘導現象やホール効果（半導体にみられる）等に基づいて、前記信号を発生する。

## 【0009】

前記特徴量検出手段は、前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号に基づいて、前記回転軸の位置ずれ量に対応する特徴量を検出する。

## 【0010】

ここで、請求項2のように、前記複数の信号発生手段各々により発生されされた前記信号から、周期が前記回転体の回転角及び前記回転軸の位置ずれに対応するパルスが発生するパルス発生手段を備えた場合、前記特徴量検出手段は、前記パルス発生手段により発生された前記パルスから、前記特徴量を検出する。

## 【0011】

この場合、請求項3のように、特徴量検出手段は、前記回転体の1周期内の前記パルス発生手段により発生された各パルスの周期と、前記回転体の1周期内の前記回転体の回転速度の平均値と、から、前記回転軸の位置変化に伴う回転体の各パルス毎の速度変動率を求める速度変動率算出手段と、前記求められた回転体の速度変動率の所定の高次成分を前記特徴量として検出する高次成分算出手段と、から構成されるようにしてもよい。

## 【0012】

また、請求項5のように、特徴量検出手段は、前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号の位相差に依存する量を前記特徴量として検出するようにしてもよい。

## 【0013】

この場合、請求項6のように、前記特徴量検出手段は、前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号の積をとることにより生成される信号のオフセット量を前記特徴量として検出するようにしてもよい。

【0014】

更に、請求項7のように、前記特徴量検出手段は、前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号の差をとることにより生成される信号の振幅に依存する量を前記特徴量として検出するようにしてもよい。

【0015】

そして、モーメント検出手段は、前記回転軸の位置ずれによって変化する特徴量と前記回転軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係と、前記検出手段により検出された前記特徴量と、に基づいて、該モーメントを検出する。

【0016】

以上説明したように本発明は、回転体が回転する基準となりかつ回転平面と平行な成分の力が加わると位置がずれる固定子側の回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する複数の信号に基づいて、回転軸の位置ずれによって変化する特徴量を検出し、回転軸の位置ずれによって変化する特徴量と回転軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係と、検出された特徴量と、に基づいて、該モーメントを検出する。よって、信頼性の高いモーメント検出装置を提供することができる。

【0017】

請求項8記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記回転体の回転角を検出する回転角検出手段と、前記複数の信号発生手段により発生された複数の信号の振幅を求める振幅検出手段と、を備え、前記特徴量検出手段は、前記回転角検出手段により検出された角度に基づいて、前記回転角が所定角度における前記振幅検出手段により求められた前記複数の信号の振幅を前記特徴量として検出するようにしている。

【0018】

即ち、回転角検出手段は、上記回転体の回転角を検出し、振幅検出手段は、複数の信号発生手段により発生された複数の信号の振幅を求める。

## 【0019】

ここで、回転角が所定角度における振幅検出手段により求められた複数の信号の振幅は、回転軸の位置ずれ量に応じて変化する。

## 【0020】

そこで、本発明の特徴量検出手段は、回転角検出手段により検出された角度に基づいて、回転角が所定角度における振幅検出手段により求められた複数の信号の振幅を上記特徴量として検出する。なお、本発明の特徴量検出手段は、回転角が所定角度における振幅検出手段により求められた複数の信号の積の振幅を上記特徴量として検出するようにしてもよい。

## 【0021】

なお、モーメント検出手段は、回転軸の位置ずれによって変化する特徴量として検出された、回転角が所定角度における振幅検出手段により求められた複数の信号の振幅と回転軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係と、検出された特徴量と、に基づいて、該モーメントを検出する。

## 【0022】

このように、回転角が所定角度における振幅検出手段により求められた複数の信号の振幅を上記特徴量として検出するが、回転軸の位置ずれ量に応じて変化する複数の信号の振幅は回転角が所定角度のときであるので、回転体の回転速度が変動しても、精度よく特徴量を検出することができる。

## 【0023】

ここで、所定角度は、請求項9のように、振幅検出手段により求められる複数の信号の振幅がピークとなる回転体の回転角として認められる回転角を含む所定範囲内の角度である。なお、該所定角度を、請求項10のように、前記複数の信号の積の振幅がピークとなる回転体の回転角として認められる回転角度であって、0以上の整数をnとすると、

$$(\pi/4) + n \cdot (\pi/2)$$

としてもよい。

## 【0024】

なお、前記回転軸の軸剛性は、請求項11のように、前記力のモーメントとし

てもよい。

#### 【 0 0 2 5 】

請求項 1 2 記載の発明のタイヤ発生力検出装置は、車両に取付けられたタイヤが回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を各々発生すると共に、該発生される信号の位相が異なるように予め定められた位置に配置された複数の信号発生手段と、前記複数の信号発生手段各々により発生された前記信号に基づいて、前記回転軸の位置ずれ量に対応する特徴量を検出する特徴量検出手段と、前記回転軸の位置ずれによって変化する特徴量と前記回転軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係、前記検出手段により検出された前記特徴量、及び前記タイヤの機構情報に基づいて、タイヤと路面との間に発生するタイヤ発生力を検出するタイヤ発生力検出手段と、を備えている。

#### 【 0 0 2 6 】

このように本発明は、回転軸の位置ずれによって変化する特徴量と回転軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係、検出された特徴量、及びタイヤの機構情報に基づいて、タイヤと路面との間に発生するタイヤ発生力を検出するので、信頼性の高いタイヤ発生力検出装置を提供することができる。

#### 【 0 0 2 7 】

請求項 1 3 記載の発明は、車両に取付けられたタイヤが回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を各々発生すると共に、該発生される信号の位相が異なるように予め定められた位置に配置された複数の信号発生手段と、前記回転体の回転角を検出する回転角検出手段と、前記複数の信号発生手段により発生された複数の信号の振幅を求める振幅検出手段と、前記回転角検出手段により検出された角度及び前記振幅検出手段により検出された前記複数の信号の振幅に基づいて、前記複数の信号の振幅の積がピークとなる回転体の回転角と前記複数の信号の振幅がピークとなる回転体の回転角と認められる回転角との差と、前記複数の信号の振幅のピークと、を検出する検出手段と、前記検出手段により検出された前記回転角の差と前記ピークとに基づいて、タイヤ回転軸に垂直な平面内に

存在する仮想軸まわりのモーメントを検出するタイヤ発生力検出手段と、を備えている。

#### 【0028】

このように、複数の信号の振幅がピークとなる回転体の回転角と複数の信号の振幅がピークとなる回転体の回転角と認められる回転角との差と、複数の信号の振幅のピークと、に基づいて、タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメントを検出する、即ち、回転体の回転角を用いているので、精度良く、該モーメントを検出することができる。

#### 【0029】

ここで、タイヤ発生力検出手段は、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメント及び上下方向の仮想軸まわりのモーメントの少なくとも一方を検出する。

#### 【0030】

請求項14記載の発明は、車両に取付けられたタイヤが回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を各々発生すると共に、該発生される信号の位相が異なるように予め定められた位置に配置され、かつ、互いにタイヤの回転角度で180°ずれた位置に配置されると共に、タイヤの上下方向の仮想軸に対称となる位置に配置された信号発生手段対と、前記信号発生手段対各々により発生された信号の差を検出する検出手段と、前記検出手段により検出された前記信号発生手段対各々により発生された信号の差に基づいて、タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメントを検出するタイヤ発生力検出手段と、を備えている。

#### 【0031】

このように、信号発生手段対各々により発生された信号の差に基づいて、タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメントを検出するので、タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメントを、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメントと、上下方向の仮想軸まわりのモーメントと、に分けて、少なくとも何れかのモーメントを検出することができる。

#### 【0032】

即ち、タイヤ発生力検出手段は、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメント及び上下方向の仮想軸まわりのモーメントの少なくとも一方を検出する。なお、タイヤの上下方向の仮想軸まわりのモーメントは、いわゆる、セルフアライニングトルクに対応する。

#### 【0033】

請求項15記載の発明は、車両に取付けられたタイヤが回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を各々発生すると共に、タイヤ上下方向の仮想軸に互いにタイヤの回転角度で180°ずれた位置に配置された信号発生手段対と、前記信号発生手段対により発生された信号の差を検出する検出手段と、前記検出手段により検出された前記信号発生手段対により発生された信号の差に基づいて、タイヤの前後方向の仮想軸まわりのモーメントを検出するタイヤ発生力検出手段と、を備えている。

#### 【0034】

即ち、本発明は、タイヤの前後方向の仮想軸まわりのモーメント、いわゆる、横力に対応する力を単独に検出することができる。

#### 【0035】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

#### 【0036】

以下、図面を参照して、本発明の第1の実施の形態を説明する。

#### 【0037】

図1に示すように、本実施の形態に係るモーメント検出装置を備えたタイヤ発生力計算装置は、回転センサであるレゾルバ12と、レゾルバ12に接続されたレゾルバ/デジタル変換器(R/D変換器という)14と、R/D変換器14に接続されたタイヤ発生力計算器16と、を備えている。

#### 【0038】

図2に示すように、レゾルバ12は、図示しない回転体としてのタイヤが回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる車軸の位置変化及び該タイヤの回

転状態に応じて大きさが周期的に変化する信号を発生すると信号発生手段としての複数、例えば2つのコイル12B1、12B2を備えて構成されている。例えば、レゾルバ12は、タイヤに設けられた回転変圧器（回転トランス）12Aと、回転変圧器（回転トランス）12Aの出力側のコイルと電磁誘導現象により上記信号を発生するコイル12B1、12B2と、により構成する。なお、コイル12B1、12B2は、各々の出力する信号E<sub>c</sub>、E<sub>s</sub>の位相が、例えば、90°ずれるように、予め定められた位置に配置されている。

#### 【0039】

図3に示すように、R/D変換器14は、レゾルバ12からの信号E<sub>c</sub>、E<sub>s</sub>から、周期がタイヤの回転角の及び車軸の位置ずれに対応するパルスを発生する。なお、R/D変換器14は、パルス発生手段に対応する。より詳細には、レゾルバ12からの信号E<sub>c</sub>、E<sub>s</sub>の一方の信号E<sub>s</sub>が入力され、信号E<sub>s</sub>に $\cos \phi$ を乗算する乗算器22と、他方の信号E<sub>c</sub>が入力され、信号E<sub>c</sub>に $\sin \phi$ を乗算する乗算器24と、を備えている。乗算器22及び乗算器24には、乗算器22からの出力から乗算器24の出力を減算する減算器26が接続されている。減算器26には、同期整流器28が接続され、同期整流器28には電圧制御発信器（以下、VCOという）30が接続され、VCO30には、カウンタ32が接続されている。カウンタ32の出力端は、乗算器22及び乗算器24と共に、タイヤ発生力計算器16に接続されている。

#### 【0040】

タイヤ発生力計算器16は、カウンタ32の出力に基づいて、車軸の位置ずれ量に対応する特徴量を検出し、車軸の位置ずれによって変化する特徴量と車軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係、例えば、本実施の形態では、車軸の位置ずれによって変化する特徴量とモーメントとの関係と、該検出された特徴量と、に基づいて、該モーメントを検出する図示しないIC素子等で構成されている。

#### 【0041】

次に、本実施の形態におけるタイヤ発生力を検出する原理を説明する。

#### 【0042】

車両をスラローム走行させた場合には、車両には横力がかかる。横加速度が図 4 に示すように徐々に大きくなった場合、車輪速センサにより検出された車輪速は、横加速度が発生しても、それほど変化しないが、上記説明したレゾルバの出力信号は、横加速度の絶対値が大きくなるに従い、即ち、横力が大きくなるに従い、振幅に乱れが生じている。即ち、横力の大きさに対応してレゾルバの出力信号の振幅が変化する。

#### 【0043】

即ち、タイヤの軸に横力がかかると、モーメントが発生し、これにより、軸の位置ずれが生ずる。軸の位置ずれが生じないと、回転変圧器 12A の出力側のコイルと車両側のコイル 12B1、12B2 との間のギャップは変化がないが、軸の位置ずれが生ずると、回転変圧器 12A の出力側のコイルと車両側のコイル 12B1、12B2 との間のギャップが変化する。これにより、各々の磁気抵抗が変化し、コイル 12B1、12B2 各々に発生する誘導電圧に変化が生ずる。

#### 【0044】

そして、車軸の位置ずれによって変化する特徴量とモーメントとの関係は、所定の測定装置などにより予め定められる。

#### 【0045】

よって、車軸の位置ずれによって変化する特徴量とモーメントとの予め定めた関係と、今回得られた特徴量と、から、モーメントを得ることでき、従って、得られたモーメントから、タイヤに発生する前後力、セルフライニングトルク、及び横力などのタイヤ発生力を求めることができる。

#### 【0046】

次に、本実施の形態の作用を説明する。

#### 【0047】

図 2 に示すように、レゾルバ 12 の回転変圧器 12A に、高周波数の  $E \sin \omega t$  ( $\omega = 20 \text{ kHz}$  等) の交流電圧を加えると、電磁誘導により、コイル 12B2、12B1 にそれぞれ、

#### 【0048】

## 【数 1】

$$E_c = KE \cos \theta \sin \omega t$$

$$E_s = KE \sin \theta \sin \omega t$$

## 【0049】

の電圧が誘導される。ここで、Kは結合係数である。上記式から理解されるように、誘導される電圧は、タイヤの回転角 $\theta$ に応じ大きさが変化する。

## 【0050】

図3に示すように、レゾルバ12からの信号 $E_c$ 、 $E_s$ の一方の信号 $E_s$ は乗算器22に入力され、信号 $E_s$ に $\cos \phi$ が乗算され、他方の信号 $E_c$ は乗算器24に入力され、信号 $E_c$ に $\sin \phi$ が乗算される。乗算器22及び乗算器24各々の出力は、乗算器22からの出力から乗算器24の出力を減算する減算器26に入力される。このように、減算器26は、乗算器22からの出力から乗算器24の出力を減算するので、出力する電圧は、

## 【0051】

## 【数 2】

$$KE \sin \omega t (\sin \theta \cos \phi - \cos \theta \sin \phi)$$

$$= KE \sin \omega t \sin(\theta - \phi)$$

## 【0052】

となる。

## 【0053】

同期整流器28には、レゾルバ12に入力される $E \sin \omega t$ と、減算器26から上記式で表される電圧と、が入力され、減算器26から上記式で表される電圧から $\sin \omega t$ の部分を除くして、 $KE \sin(\theta - \phi)$ をVCO30に入力する。

## 【0054】

VCO30は、 $\sin(\theta - \phi)$ の大きさに対応する数のパルスのカウンタ32に出力する。カウンタ32は、VCO30からのパルスの出力が止まるまで、 $\phi$ の値を調整する。これにより、 $\sin(\theta - \phi) = 0$ 、即ち、 $\theta = \phi$ となる。

## 【0055】

以上は、R/D変換器の原理であり、車軸の位置ずれが生じない場合について説明した。一方、図5に示すように、車軸に横力がかかり位置が $\gamma$ ずれ、コイル12B1、12B2にそれぞれ、 $\delta_s$ 、 $\delta_c$ の位相のずれが生じたとすると次のようになる。

## 【0056】

即ち、コイル12B2、12B1に誘導される電圧は、

## 【0057】

【数3】

$$E_c = KE \cos(\theta + \delta_c) \sin \omega t$$

$$E_s = KE \sin(\theta - \delta_s) \sin \omega t$$

## 【0058】

となり、これらが乗算器24、22に入力される。減算器26、同期整流器28を介して、VCO30とカウンタ32は、

## 【0059】

【数4】

$$\sin(\theta - \delta_s) \cos \phi - \cos(\theta + \delta_c) \sin \phi \rightarrow 0$$

## 【0060】

となるような $\phi$ を求めることとなる。その結果、カウンタ32からは、上記式を解いた次の値である、周期がタイヤの回転角及び車軸の位置ずれに対応するパルスを、タイヤ発生力計算機16に入力される。

## 【0061】

【数5】

$$\phi = \theta + \frac{1}{2} \{ (\delta_c - \delta_s) - (\delta_c + \delta_s) \cos 2\theta \}$$

## 【0062】

タイヤ発生力計算機16は、図6にフローチャートで示した制御ルーチンを実

行する。

【0063】

即ち、ステップ42で、R/D変換器14からの各パルス周期の1回転平均に対する速度変動率を検出する。なお、本ステップは、速度変動率算出手段に対応する。

【0064】

即ち、R/D変換器14からの各パルスの周期（パルスの時間微分）を求める。これにより、

【0065】

【数6】

$$\hat{V} = V + V(\delta_c + \delta_s)\sin 2\theta$$

【0066】

が求められる。このパルスの周期と、タイヤの回転速度の平均値と、から、以下の式の左辺を計算することにより、速度変動率を求める。なお、この速度変動率があるので、車軸が位置ずれした場合に、速度が周期的に変動する。

【0067】

【数7】

$$\frac{\hat{V} - V}{V} = (\delta_c + \delta_s)\sin 2\theta$$

【0068】

この式から理解されるように、タイヤの半回転で1周期、即ち、タイヤの回転の2倍の周波数となる。なお、これは、極数が2の場合である。一般的には、極数をPとすると、速度変動率の周期は回転数の周波数のP倍となる。なお、図12には、極数が8の場合の車輪速の主輪を、車両の進行方向からずれていない場合（スリップ角0°）と、車両を旋回させ横力を発生させた場合（スリップ角4°）についての車輪速の結果が示されている。図12に示すように、レゾルバ12からの信号は、タイヤ1回転の間に、8周期の信号を出力する。

【0069】

また、上記式の振幅 ( $\delta c + \delta s$ ) は、回転速度には無関係である、即ち、差動位相シフトとなっている。

#### 【0070】

そして、タイヤ1回転に渡って、各パルス周期についてタイヤの回転速度の変動率を求める。

#### 【0071】

ここで、速度変動率を求める具体的内容を説明する。RD変換機がレゾルバ1回転で16ビットの角度分解能をもつように設計されると、図16(A)に示すように、上記レジスタのMSBの時系列信号を見ると、1回転で1パルスの信号が立ち、LSBでは、1回転215個(32768個)のパルスが立つことになる。即ち、このレジスタのどのビットを見るかで1回転に立つパルス数が増える。例えば、図16(A)におけるP位置においては、256パルスの信号が現れる。

#### 【0072】

そこで、実際の回転速度を求めるには、パルス発生毎にその周期、例えば、図16(B)に示すように、立ち上がりエッジ、又は、立下りエッジ同士の間隔を計測し、1回転分(256パルス分)のパルス周期の総和を256で割って平均パルス周期を求め、その周期の逆数に所定の定数を掛けることで、タイヤの回転速度の平均(平均車輪速)を求めることができる。

#### 【0073】

しかし、本実施の形態では、タイヤの回転速度の変動率を求めるので、タイヤの回転速度自体を求める必要がなく、タイヤの回転速度の変動率を、  
パルス周期の変動率 = パルスの周期 / 平均パルス周期  
の式により近似的に求めている。

#### 【0074】

次のステップ44で、各パルス周期の速度変動率の所定の高次成分を求める、即ち、各パルス周期の速度変動率を回転角  $2\theta$  に関してフーリエ変換する。これにより、数7における振幅 ( $\delta c + \delta s$ ) である、差動位相シフト量が求められる。なお、本ステップ44は、高次成分算出手段に対応する。

#### 【0075】

ところで、所定の実験装置により、差動位相シフト量とモーメントとの関係を、速度を変化させると共に車重を変えて求めてプロットしたところ、図7に示す関係が求められた。なお、図7の例では、車重 $F_z$ を2000N、3000Nと変化させ、その各々において、速度を20、40、60 (km/h) と変化させた例を示している。このように、差動位相シフト量とモーメントとの関係は、車軸の軸受け剛性で決定される。

#### 【0076】

なお、図7の例では、差動位相シフト量は次のように補正した値を用いている。即ち、車軸に横力が加わっていない状態で、差動位相シフト量を求めると、図8に示すように、0とはならず、ある一定の値をとる。これは、レゾルバ12の加工精度等により、差動位相シフト量（レゾルバ固有のオフセット量）が発生する。上記求められた差動位相シフト量からオフセット量を差し引いたものが、図7の縦軸である補正差動位相シフト量となる。なお、オフセット量を差し引かなくても差動位相シフト量とモーメントとの関係をマップ等を持っていたりすれば問題はない。

#### 【0077】

以上説明したように本実施の形態では、差動位相シフト量とモーメントとの関係を、マップ、データテーブル、関係式等により予め記憶しており、ステップ46では、ステップ44において求められた差動位相シフト量と、この関係と、から、モーメントを検出する。

#### 【0078】

そして、ステップ48で、求められたモーメントと、タイヤの機構情報と、から、タイヤ発生力を計算する。

#### 【0079】

例えば、図9に示すように、横力によるモーメント $M_x$ は、タイヤ半径 $R$ と横力 $F_y$ との積により求められるので、上記求められたモーメント $M_x$ をタイヤ半径 $R$ で除算することにより、横力 $F_y$ を計算する。

#### 【0080】

以上の内容を、レゾルバを装着した実験車においてスラローム走行して実験し

てみたところ、図10 (A) 及び図10 (B) に示すように、横加速の増加に伴い、差動位相シフト量が増加している。

#### 【0081】

そして、図11 (A) に示すように、補正差動位相シフト量とモーメントとの関係を予め求め、この関係から具体的にモーメントを求めたものが図11の単線で示した値である。これは、実測値（実線で示されている）とてよく対応している。

#### 【0082】

よって、本実施の形態では、信頼性の高いモーメント検出装置及びタイヤ発生力検出装置を提供することができる。

#### 【0083】

なお、本実施の形態では、コイルや鉄心を主構成としているので、壊れ難い。

#### 【0084】

また、レゾルバは、本実施の形態に記載した構成を有するものに限定されず、回転角に応じて同様な電圧を出力するものであればよい。

#### 【0085】

次に、第2の実施の形態を説明する。本実施の形態では、前述した第1の実施の形態と同様の構成部分があるので、同一部分には同一の符号を付してその説明を省力し、異なる部分について説明する。

#### 【0086】

図13に示すように、本実施の形態にかかるモーメント検出装置を備えたタイヤ発生力計算装置は、レゾルバ12と、タイヤ発生力計算器16と、の間に次の機器を備えている。

#### 【0087】

信号E<sub>s</sub>が入力され、該信号E<sub>s</sub>を平滑化処理する平滑化処理器82と、信号E<sub>c</sub>が入力され、該信号E<sub>c</sub>を平滑化処理する平滑化処理器84と、を備えている。平滑化処理器82、84は、平滑化された信号E<sub>s</sub>及び信号E<sub>c</sub>を乗算する乗算器86に接続されている。なお、信号E<sub>s</sub>及び信号E<sub>c</sub>を乗算した後に平滑化処理する構成であってもよい。

## 【0088】

乗算器 86 には、パルス波形整形器 88 が接続され、パルス波形整形器 88 には、片エッジパルス検出器 90 が接続され、片エッジパルス検出器 90 及び乗算器 86 は、積分器 92 が接続され、積分器 92 の出力側はタイヤ発生力計算器 16 に接続されている。

## 【0089】

次に、本実施の形態の作用を説明するが、前述した第 1 の実施の形態の作用と同一部分は説明を省略する。

## 【0090】

レゾルバ 12 からの上記信号  $E_c$ 、 $E_s$  はそれぞれ平滑化処理器 82、平滑化処理器 84 により平滑化処理され、平滑化された信号  $E_s$  及び信号  $E_c$  は、乗算器 86 により乗算される。

## 【0091】

これにより、以下の式が求められる。

## 【0092】

【数 8】

$$\begin{aligned} E_c \cdot E_s &= (KE \sin \omega t)^2 \cos(\theta + \delta_c) \sin(\theta - \delta_s) \\ &= \frac{1}{2} (KE \sin \omega t)^2 \{ \sin(2\theta + \delta_c - \delta_s) - \sin(\delta_c + \delta_s) \} \end{aligned}$$

## 【0093】

これは図 14 に示すグラフとなる。即ち、即ち、振幅  $(1/2 (KE \sin \omega t)^2)$  の包絡線上に  $\sin(2\theta + \delta_c - \delta_s)$  の曲線が乗り、大きさが車軸の位置ずれ量に対応する  $\sin(\delta_c + \delta_s)$  のオフセットが発生している。

## 【0094】

ところで、上記のように平滑化されるので、平滑化された信号  $E_s$  及び信号  $E_c$  の乗算器 86 により乗算して、上記包絡線上に対応する信号を求める。これを 1 周期で平均すると上記オフセット値が求められる。この平均化するための処理は、乗算器 86 により乗算して得られた信号を 1 周期に渡って積分する。

## 【0095】

この1周期のタイミングは次のようにして求める。即ち、パルス波形整形器88により、乗算器86により乗算して得られた信号のゼロクロスポイントで、立ち上がり及び立下りが切り替わるパルス波形を整形する。片エッジパルス検出器90により、パルス波形整形器88により整形されたパルスの立ち上がり又は立下りを検出し、そのタイミングで信号を積分のリセット信号として積分器92に inputsする。よって、積分器92は、乗算器86により乗算して得られた信号を1周期に渡って積分する。

#### 【0096】

なお、上記オフセット量  $\sin(\delta c + \delta s)$  を求めるために、図14に示すように、乗算器86からの信号の最大値(MAX値)及び最小値(MIN値)の平均値  $((\text{MAX値} + \text{MIN値}) / 2)$  をとってもよい。

#### 【0097】

オフセット量  $\sin(\delta c + \delta s)$  を入力したタイヤ発生力計算機器16は、本実施の形態では、予め求められたオフセット量  $\sin(\delta c + \delta s)$  とモーメントとの関係(マップ、データテーブル、関係式等で記憶している)と、入力したオフセット量  $\sin(\delta c + \delta s)$  と、から、モーメントを求め、求めたモーメントからタイヤ発生力を計算する。

#### 【0098】

以上説明したように第2の実施の形態では、レゾルバ12からの上記信号  $E_c$ 、 $E_s$  を乗算し、乗算値を1周期に渡って積分することにより求められ、大きさが車軸の位置ずれ量に対応するオフセット量から、モーメントを求め、モーメントからタイヤ発生力を求めるので、演算量を少なくすることができる。また、低速であっても応答性がよい。加減速時の精度を保てる。更に、路面外乱に強い。

#### 【0099】

次に、本発明の第3の実施の形態を説明する。

#### 【0100】

図15に示すように、本実施の形態に係るモーメント検出装置は、回転体としての回転子102が回転する基準となりかつ力が加わると位置がずれる固定子側の回転軸の位置変化及び該回転子の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する

信号を発生すると信号発生手段としての複数、例えば2つの各々同一構成のコイル106A1、106A2を備えている。即ち、2つのコイル106A1、106A2は、回転子102に設けられかつ回転子102と共に回転する磁石104と、電磁誘導現象により上記信号を発生する。コイル106A1の一端はコイル106A2の一端に接続され、コイル106A1の他端及びコイル106A2の他端には、該発生された前記信号に基づいて、前記回転軸の位置ずれによって変化する特徴量を検出し、検出された特徴量から、モーメントを計算するモーメント計算器108が接続されている。

#### 【0101】

次に、本実施の形態の作用を説明する。

#### 【0102】

回転体102が磁石104を伴って回転すると、2つのコイル106A1、106A2は、磁石104との間で電磁誘導現象により、誘導電圧を発生する。

#### 【0103】

ところで、前述したように、コイル106A1の一端はコイル106A2の一端に接続され、コイル106A1の他端及びコイル106A2の他端は出力端となっているので、出力端の電圧は、コイル106A1、106A2に発生した誘導電圧 $V_1$ 、 $V_2$ の差動電圧 $V_d (=V_2 - V_1)$ となる。

#### 【0104】

ここで、回転軸に力が発生せず、位置ずれが生じていないと、誘導電圧 $V_1$ 、 $V_2$ は等しい値となり、差動電圧 $V_d$ は0となる。

#### 【0105】

一方、回転軸に位置ずれが生じた場合、例えば、コイル106A1側にずれた場合には、コイル106A1側のギャップが減り、磁気抵抗が減少する。従って、誘導電圧 $V_1$ が誘導電圧 $V_2$ より大きくなる。従って、差動電圧 $V_d$ は0でなくなり、その差に等しい電圧が出力される。この差動電圧 $V_d$ の振幅は回転軸の位置ずれ量によって変化する。

#### 【0106】

そして、モーメント計算器108は、予め差動電圧 $V_d$ の振幅とモーメントと

の関係を、例えば、マップ、データテーブル、関係式等で記憶している。そして、モーメント計算器 108 は、入力した差動電圧  $V_d$  の振幅と該関係とから、モーメントを求める。

#### 【0107】

更に、上記コイル 106A、106B は、ホール素子のような半導体の特性を利用した原理に基づく素子、その他、磁束の強さによって変化する出力をもつ性質のものであってもよい。

次に、本発明の第 4 の実施の形態を説明する。なお、前述した実施の形態と同一部分には同一の符号を付してその説明を省略する。

#### 【0108】

図 17 に示すように、本実施の形態にかかるモーメント検出装置を備えたタイヤ発生力計算装置は、レゾルバ 12 及び R/D 変換器 14 を備えている。

#### 【0109】

また、本実施の形態にかかるタイヤ発生力計算装置は、レゾルバ 12 からの信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積を計算（乗算）する乗算器 110、乗算器 110 からの信号の積の振幅を平滑化する、即ち、 $\sin \omega t$  に関する部分を除去する平滑化処理器 112、平滑化処理器 112 により平滑化された、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅と、R/D 変換器 14 から出力される、タイヤの回転角  $\phi$  と、から、該回転角  $\phi$  に基づいて、回転角  $\phi$  が所定角度における、上記信号の積の振幅からオフセットを特徴量として検出するオフセット検出器 114、及び、オフセット検出器 114 により検出されたオフセットから合成モーメントを計算する計算器 116 を備えている。

#### 【0110】

本実施の形態では上記のように、タイヤの回転角  $\phi$  が所定角度におけるレゾルバ 12 からの信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅からオフセットを特徴量として検出するが、この原理を説明する。

#### 【0111】

上記のようにレゾルバ 12 からの信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅  $E_p$ （平滑化され

たもの) は、

【0 1 1 2】

【数 9】

$$E_p = \frac{1}{2} \{ \sin(2\theta + \delta_c - \delta_s) - \sin(\delta_c + \delta_s) \}$$

【0 1 1 3】

となる。

【0 1 1 4】

タイヤの検出回転角  $\phi$  は、

【0 1 1 5】

【数 10】

$$\phi = \theta + \frac{1}{2} \{ (\delta_c - \delta_s) - (\delta_c + \delta_s) \cos 2\theta \}$$

【0 1 1 6】

となる。レゾルバ 1 2 からの信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅  $E_p$  とタイヤの検出回転角  $\phi$  との関係は図 1 8 (B) に示すように、所定角度でピークを持つ。

【0 1 1 7】

即ち、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅  $E_p$  のピーク点は、数 9 を  $\theta$  (タイヤの回転角度 (真値)) で微分することにより、

【0 1 1 8】

【数 11】

$$\cos(2\theta + \delta_c - \delta_s) = 0$$

【0 1 1 9】

により得られる。即ち、

【0 1 2 0】

【数 1 2】

$$2\theta + \delta_c - \delta_s = \frac{\pi}{2} + n\pi$$

【0 1 2 1】

となる。これを数 1 0 に代入して整理すると、

【0 1 2 2】

【数 1 3】

$$\phi = \frac{\pi}{4} + \frac{n}{2}\pi \mp \frac{1}{2}(\delta_c + \delta_s)\sin(\delta_c - \delta_s)$$

−:  $n$  が偶数

+:  $n$  が奇数

【0 1 2 3】

が得られる。

【0 1 2 4】

ここで、 $\delta_c, \delta_s \ll 1$  であるので、

【0 1 2 5】

【数 1 4】

$$\phi = \frac{\pi}{4} + \frac{n}{2}\pi$$

【0 1 2 6】

が得られる。数 1 4 は、上記所定角度、即ち、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅  $E_p$  がピークとなる回転体の回転角と認められる回転角である。

【0 1 2 7】

ところで、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅  $E_p$  とタイヤの回転角度（真値） $\theta$  との関係は、図 1 8（A）に示すように、回転軸がずれると、ずれ量に応じて、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅  $E_p$  のピーク位置（回転角度）はずれている。

【0 1 2 8】

これに対し、レゾルバ 1 2 からの信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅  $E_p$  とタイヤの検出回転角  $\phi$  との関係は、前述したように、図 1 8（B）に示すように、振幅  $E_p$

は所定角度でピークを持つ関係である。即ち、R/D変換14により検出されるタイヤの回転角度 $\phi$ には、数10から理解されるように、 $\theta$ 以外の部分である誤差を含み、この誤差が、回転軸のずれ量と略一致して、振幅 $E_p$ は所定角度でピークを持つものである。

#### 【0129】

次に、本実施の形態の作用を説明する。

#### 【0130】

乗算器110は、レゾルバ12からの信号 $E_c$ 、 $E_s$ の積を計算（乗算）する。平滑化処理器112は、乗算器110からの信号の積の振幅を平滑化する、即ち、 $\sin\omega t$ の部分を除去する。

#### 【0131】

オフセット検出器114は、平滑化処理器112により平滑化された、信号 $E_c$ 、 $E_s$ の積の振幅と、R/D変換器14から出力される、タイヤの回転角 $\phi$ と、から、該回転角 $\phi$ に基づいて、回転角 $\phi$ が所定角度（数14参照）における、上記信号の積の振幅からオフセットを特徴量として検出する。具体的には、車両の直進時において、R/D変換器14から出力される、タイヤの回転角 $\phi$ が上記所定角度における上記信号の積の振幅を予め求めておき、回転角 $\phi$ が所定角度（数14参照）における、上記信号の積の振幅の、直進時における予め求めておいた上記信号の積の振幅との差をオフセットとして検出する。なお、レゾルバ12の加工精度等による上記差動位相シフト量（レゾルバ固有のオフセット量）が既知の場合には、回転角 $\phi$ が所定角度（数14参照）における、上記信号の積の振幅とレゾルバ固有のオフセット量とから上記オフセット（特徴量）を検出するようにしてもよい。

#### 【0132】

そして、合成モーメント計算器116は、オフセット検出器114により検出されたオフセットから合成モーメントを計算する。即ち、車軸の位置ずれによって変化する上記オフセット（特徴量）とモーメントとの関係を予め定めておき、この関係とオフセット検出器114により検出されたオフセットとから、モーメントを計算する。

**【0133】**

以上説明したように本実施の形態では、数14に示したタイヤの回転角度でのレゾルバからの信号 $E_c$ 、 $E_s$ の積の振幅を検出して、タイヤ回転軸に加わるモーメントを求めている。

**【0134】**

従って、フーリエ変換により求める場合と比較すると、演算量を少なくすることができる。

**【0135】**

また、タイヤ1回転の平均パルス周期を用いる場合と比較すると、タイヤが低速でも応答性を向上させることができる。

**【0136】**

更に、回転角及び回転軸の位置ずれに対応するパルスの各パルス周期と回転速度の平均値とから、各パルスの速度変動率を求める場合には、タイヤユニフォミティが不均一により回転速度のむらが発生すると、回転軸の位置ずれによるものなのかタイヤユニフォミティが不均一によるものなのかの区別がつかず、回転軸の位置ずれとして計算してしまう。これに対し、本実施の形態では、上記のように、数14に示したタイヤの回転角度でのレゾルバからの信号 $E_c$ 、 $E_s$ の積の振幅を検出して、タイヤ回転軸に加わるモーメントを求めている。従って、本実施の形態では、タイヤユニフォミティが不均一により回転速度のむらがあった場合、1周期内における各時間でみると信号 $E_c$ 、 $E_s$ の積の振幅にむらが発生するが、数14に示すタイヤの回転角度でのレゾルバからの信号 $E_c$ 、 $E_s$ の積の振幅には影響しない。よって、本実施の形態では、精度よくタイヤ回転軸に加わるモーメントを求めることができる。

**【0137】**

また、回転角及び回転軸の位置ずれに対応するパルスの各パルス周期と回転速度の平均値とから、各パルスの速度変動率を求める場合には、1周期においてタイヤの回転速度が一定であることが前提であるので、加減速時では精度よく上記モーメントを求めることができない。これに対し、本実施の形態では、数14に示すタイヤの回転角度でのレゾルバからの信号 $E_c$ 、 $E_s$ の積の振幅を検出して

、タイヤ回転軸に加わるモーメントを求めているので、加減速時では精度よく上記モーメントを求めることができる。

#### 【0138】

さらにまた、本実施の形態では、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅は、正負のいずれの値もとることができるので、その符号から、モーメントの向きもわかる。

#### 【0139】

次に、本発明の第5の実施の形態を説明する。なお、前述した実施の形態と同一部分には同一の符号を付してその説明を省略する。

#### 【0140】

図17に示すように、本実施の形態にかかるモーメント検出装置を備えたタイヤ発生力計算装置は、レゾルバ12、乗算器112、平滑化処理器112、オフセット検出器114、及びR/D変換器14を備えている。

#### 【0141】

また、本実施の形態にかかるタイヤ発生力計算装置は、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅のピーク時のタイヤの回転角度を検出するピーク角検出器120、ピーク角検出器120により検出された信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅のピーク時のタイヤの回転角度と、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅  $E_p$  がピークとなる回転体の回転角と認められる回転角度と、の差を求める角ずれ量検出器122、オフセット検出器114により検出されたオフセットと、角ずれ量検出器122により検出された角ずれ量（上記角度の差）と、に基づいて、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメントと、上下方向の仮想軸まわりのモーメント（セルフアライニングトルク）と、を分離して演算する分離演算器124を備えている。

#### 【0142】

ここで、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメントと、上下方向の仮想軸まわりのモーメント（セルフアライニングトルク）と、を説明する。

#### 【0143】

図20に示すように、タイヤの進行方向を  $x$  軸、タイヤの軸方向を  $y$  軸にとる。操舵輪をたとえば左に回し、タイヤを車両進行方向に対して左方向に回転させたとすると、横力  $F_y$  は  $y$  軸方向に作用するが、実際の横力の着力点  $A$  は、タ

イヤの回転軸位置ではなく、タイヤの回転軸位置から水平距離  $l$  に及び鉛直方向に所定距離  $(R)$  だけずれた位置、即ち、タイヤの回転軸位置から距離  $R_t (= (l^2 + R^2)^{1/2})$  だけずれた、タイヤの接地面上の位置となる。

#### 【0144】

このように、横力の着点  $A$  が、タイヤの回転軸位置から水平距離  $l$  に及び鉛直方向に所定距離  $(R)$  だけずれた、タイヤの接地面上の位置であるので、タイヤの回転軸には、タイヤの進行方向を車両進行方向にもどそうとするモーメント（上下方向の仮想軸まわりのモーメント（セルフアライニングトルク） $M_z$  と、タイヤを、タイヤの移動方向を回転軸として回転させようとするモーメント（タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメント） $M_x$  と、の合成モーメント  $(R_t \times F_y)$  の大きさのモーメント）が作用する。本実施の形態は、上下方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_z$  と、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_x$  と、を別々に求めるものである。

#### 【0145】

次に、本実施の形態の作用を説明する。

#### 【0146】

ピーク角検出器 120 は、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅（平滑化処理器 112 により平滑化されたもの）のピーク時のタイヤの回転角度を検出する。

#### 【0147】

ところで、前述した第 4 の実施の形態では、上記所定角度（数 14 参照）、即ち、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅  $E_p$  がピークとなる回転体の回転角と認められる回転角を求めている。

#### 【0148】

本実施の形態の角ずれ量検出器 122 は、ピーク角検出器 120 により検出された信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅のピーク時のタイヤの回転角度と、信号  $E_c$ 、 $E_s$  の積の振幅  $E_p$  がピークとなる回転体の回転角と認められる回転角度と、の差  $\Delta_1$  を求める。即ち、 $\phi$ （数 13 参照） $-(\pi/4) + n \cdot (\pi/2)$  である

#### 【0149】

【数 15】

$$\Delta_1 = \mp \frac{1}{2}(\delta_c + \delta_s) \sin(\delta_c - \delta_s)$$

【0150】

を求める。

【0151】

オフセット検出器 114 は、タイヤの回転角度が上記所定角度のときのオフセット  $\Delta_{\text{off}}$  を第 4 の実施の形態のように求める。なお、オフセット  $\Delta_{\text{off}}$  は、

【0152】

【数 16】

$$\Delta_{\text{off}} = -\frac{1}{2} \sin(\delta_c + \delta_s) = -\frac{1}{2}(\delta_c + \delta_s)$$

【0153】

である。

【0154】

分離演算器 124 は最初に、

【0155】

【数 17】

$$\Delta_1 / \Delta_{\text{off}} = \pm \sin(\delta_c - \delta_s) = \pm(\delta_c - \delta_s)$$

【0156】

を求める。次に、 $\delta_s$ 、 $\delta_c$ を、

【0157】

【数 18】

$$\delta_s = \mp \frac{2\Delta_{off} + \Delta_1 / \Delta_{off}}{2}$$

$$\delta_c = \mp \frac{2\Delta_{off} - \Delta_1 / \Delta_{off}}{2}$$

-:  $n$ が偶数+:  $n$ が奇数

【0158】

より求める。

【0159】

ところで、 $\delta_s$ 、 $\delta_c \ll 1$ とすると、図21に示すように、 $\delta_c$ はタイヤの上下方向の仮想軸まわりのモーメント $M_z$ に対応し、 $\delta_s$ はタイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメント $M_x$ に対応する。

【0160】

そこで、本実施の形態では、 $\delta_c$ とモーメント $M_z$ との関係、及び、 $\delta_s$ とモーメント $M_x$ との関係を予め求め、これらの関係を、マップ、データテーブル、関係式等により記憶している。

【0161】

そして、分離演算器124は、上記のようにして求めた $\delta_s$ 、 $\delta_c$ から、タイヤの上下方向の仮想軸まわりのモーメント $M_z$ 、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメント $M_x$ を、上記記憶した関係から求める。

【0162】

以上説明したように、本実施の形態では、従来では合成モーメント ( $R_t \times F_y$ の大きさのモーメント) を求めるのに過ぎなかったものを、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメントと、上下方向の仮想軸まわりのモーメントと、に分けて、各々のモーメントを検出することができる。

【0163】

次に、本発明の第6の実施の形態を説明する。

**【0164】**

本実施の構成と第3の実施の形態の構成を比較すると、第3の実施の形態におけるコイル（106A、106B）に対応するコイル（第2のコイル132（132A、132B）を、2つのコイル（第1のコイル131（131A、131B）と第2のコイル133（133A、133B））で挟む構成となっている。即ち、第1のコイル131と第2のコイル132、及び、第2のコイル132と第3のコイル133の各々は、 $\alpha/2$ の電気角だけずれて配置している。なお、 $\alpha$ は、例えば、 $\pi/2$ としてもよいが、これに限定されるものではない。

**【0165】**

次に、本実施の形態に係るモーメント計算装置は、図23に示すように、第1のコイル131、第2のコイル132、及び第3のコイル133各々には、差動電圧検出器135が接続され、差動電圧検出器135の各々には、振幅値検出器137の各々は、分離演算器140に接続されている。

**【0166】**

次に、本実施の形態の作用を説明する。

**【0167】**

差動電圧検出器135は、コイルの差動電圧を検出する。例えば、第2のコイル132に接続される差動電圧検出器135は、コイル132Bの電圧 $V_2$ －コイル132Aの電圧 $V_1$ を検出する。第1のコイル131、第2のコイル132、及び第3のコイル133各々の差動電圧を、 $V_{d1}$ 、 $V_{d2}$ 、 $V_{d3}$ とする。

**【0168】**

振幅値検出器137は、各差動電圧 $V_{d1}$ 、 $V_{d2}$ 、 $V_{d3}$ の振幅値を検出する。

**【0169】**

そして、分離演算器140は、各差動電圧 $V_{d1}$ 、 $V_{d2}$ 、 $V_{d3}$ の振幅値を用いて、以下のように、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメント $M_x$ と、上下方向の仮想軸まわりのモーメント $M_z$ と、を演算する。

**【0170】**

図22に示すように、回転軸（回転子）が位置ずれを起こしていないと、差動

電圧の振幅値は 0 である。

【0171】

一方、図 24 (A) に示すように、回転軸（回転子）が位置ずれを起すと、各差動電圧  $V_{d1}$ 、 $V_{d2}$ 、 $V_{d3}$  が発生し、各々の方向は、図 24 (B) に示すように、差動電圧  $V_{d1}$  及び差動電圧  $V_{d2}$  と、差動電圧  $V_{d2}$  及び差動電圧  $V_{d3}$  と、はそれぞれ電気角的に  $\alpha/2$  ずれている。

【0172】

そして、図 24 (B) に示すように、前後方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_x$  は、差動電圧  $V_{d2}$  に対応する。または、

【0173】

【数 19】

$$(V_{d1} + V_{d3}) \cos \frac{\alpha}{2}$$

【0174】

に対応する。

【0175】

また、タイヤの上下の方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_z$  は、

【0176】

【数 20】

$$(V_{d1} - V_{d3}) \sin \frac{\alpha}{2}$$

【0177】

に対応する。

【0178】

そこで、本実施の形態では、差動電圧  $V_{d2}$ （又は数 19 の値）と前後方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_x$  との関係、及び、数 20 の値とタイヤの上下の方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_z$  との関係を、マップ、データテーブル、関係式等により予め記憶している。

## 【0179】

そして、各差動電圧  $V_{d1}$ 、 $V_{d2}$ 、 $V_{d3}$  の振幅値を用いて、上記記憶した関係から、タイヤの上下の方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_z$  と、前後方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_x$  と、を演算する。

## 【0180】

以上説明したように、本実施の形態では、従来では合成モーメント ( $R_t \times F_y$  の大きさのモーメント) を求めるのに過ぎなかったものを、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメントと、上下方向の仮想軸まわりのモーメントと、に分けて、各々のモーメントを検出することができる。

## 【0181】

なお、上記のように、前後方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_x$  は、差動電圧  $V_{d2}$  から、又は、数19の値から求めることができるので、何れから求めるようにしてもよいが、各々から求めて平均して求めるようにしてもよい。なお、前後方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_x$  を、数19の値から求める場合には、コイル2、コイル2に対応する差動電圧検出回路135、振幅値検出器137の部分(図23で、点線で囲まれた部分)を省略するようにしてもよい。

## 【0182】

また、第1のコイル131と第2のコイル132、及び、第2のコイル132と第3のコイル133の各々は、 $\alpha/2$  の電気角だけずれて配置しているが、第1のコイル131と第2のコイル132、及び、第2のコイル132と第3のコイル133の各々を、異なる電気角ずれて配置するようにしてもよい。

## 【0183】

## 【発明の効果】

以上説明したように請求項1乃至請求項11記載の発明は、上記のように構成したので、信頼性の高いモーメント検出装置を提供することができる、という効果を有する。

## 【0184】

請求項8乃至請求項11記載の発明は、回転角が所定角度における振幅検出手段により求められた複数の信号の振幅を上記特徴量として検出するが、回転軸の

位置ずれ量に応じて変化する複数の信号の振幅は回転角が所定角度のときであるので、回転体の回転速度が変動しても、精度よく特徴量を検出することができる、という効果を有する。

#### 【0185】

請求項12記載の本発明は、回転軸の位置ずれによって変化する特徴量と回転軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係、検出された特徴量、及びタイヤの機構情報に基づいて、タイヤと路面との間に発生するタイヤ発生力を検出するので、信頼性の高いタイヤ発生力検出装置を提供することができる、という効果を有する。

#### 【0186】

請求項13記載の発明は、複数の信号の振幅がピークとなる回転体の回転角と複数の信号の振幅がピークとなる回転体の回転角と認められる回転角との差と、複数の信号の振幅のピークと、に基づいて、タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメントを検出する、即ち、回転体の回転角を用いているので、精度良く、該モーメントを検出することができる、という効果を有する。

#### 【0187】

請求項14記載の発明は、信号発生手段対各々により発生された信号の差に基づいて、タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメントを検出するので、タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメントを、タイヤの前後方向の仮想軸まわりのモーメントと、上下方向の仮想軸まわりのモーメントと、に分けて、少なくとも何れかのモーメントを検出することができる、という効果を有する。

#### 【0188】

請求項15記載の発明は、タイヤの前後方向の仮想軸まわりのモーメント、いわゆる、横力に対応する力を単独に検出することができる、という効果を有する。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

第1の実施の形態に係るタイヤ発生力計算装置のブロック図である。

**【図 2】**

レゾルバの構成図である。

**【図 3】**

主として R/D 変換器を示したブロック図である。

**【図 4】**

車両をスラローム走行させたときの、横加速度、車輪速、及びレゾルバ信号の関係を示したグラフである。

**【図 5】**

回転軸がずれた際の各コイルに誘導される誘導電圧を示した図である。

**【図 6】**

タイヤ発生力計算機が実行する制御ルーチンを示したフローチャートである。

**【図 7】**

差動位相シフト量とモーメントとの関係を示したグラフである、。

**【図 8】**

レゾルバ固有の差動位相シフト量のオフセット量を説明するための図である。

**【図 9】**

モーメントと、タイヤ発生力の一つの横力との関係を示した図である。

**【図 1 0】**

本実施の形態の実験結果であり、（A）は、車両をスラローム走行させたときの、横加速度、車輪速、及びレゾルバ信号の関係を示したグラフであり、（B）は、（A）のグラフに対応する差動位相シフトの時間変化を示したグラフである。

**【図 1 1】**

図 1 0 に示した実験における実験結果であり、（A）は、補正差動位相シフト量とモーメントとの関係を示す図であり、（B）は、モーメントの推定結果と実測値とを合わせたグラフである。

**【図 1 2】**

極対数が 4 の場合のスリップ角が 0、4 度のときの車輪速を示したグラフである。

**【図 1 3】**

第 2 の実施の形態に係るタイヤ発生力計算装置のブロック図である。

**【図 1 4】**

レゾルバからの信号を乗算して得られた信号のグラフである。

**【図 1 5】**

第 3 の実施の形態に係るモーメント計算装置のブロック図である。

**【図 1 6】**

(A) 及び (B) は、レゾルバの信号からタイヤの回転速度を求める原理を説明する説明図である。

**【図 1 7】**

第 4 の実施の形態に係るタイヤ発生力計算装置のブロック図である。

**【図 1 8】**

(A) は、タイヤの実際の回転角（いわゆる真値）とレゾルバ出力積の振幅との関係を示したグラフであり、(B) は、軸がずれることによる誤差を含む、レゾルバを用いて検出されるタイヤの回転角とレゾルバ出力積の振幅との関係を示したグラフである。

**【図 1 9】**

第 5 の実施の形態に係るタイヤ発生力計算装置のブロック図である。

**【図 2 0】**

タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメントの説明図である。

**【図 2 1】**

$\delta s$ 、 $\delta c$ と、タイヤの上下方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_z$ 、タイヤの前後の方向の仮想軸まわりのモーメント  $M_x$  と、の対応関係を示した図である。

**【図 2 2】**

第 6 の実施の形態におけるコイルの配置位置の関係を示す図である。

**【図 2 3】**

第 6 の実施の形態に係るタイヤ発生力計算装置のブロック図である。

**【図 2 4】**

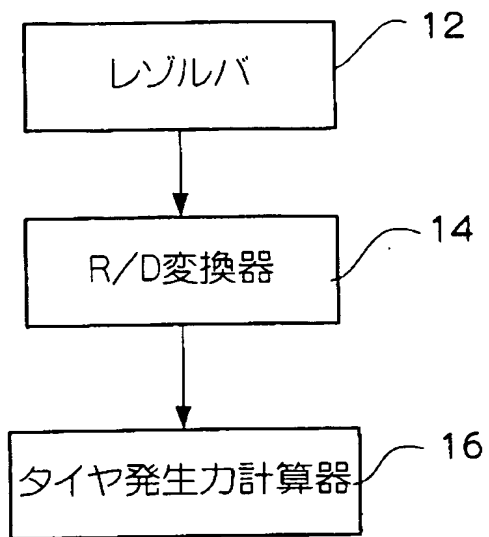
コイルの配置位置の関係（A）と、タイヤ回転軸に垂直な平面内に存在する仮想軸まわりのモーメント（B）と、の関係を示す図である

【符号の説明】

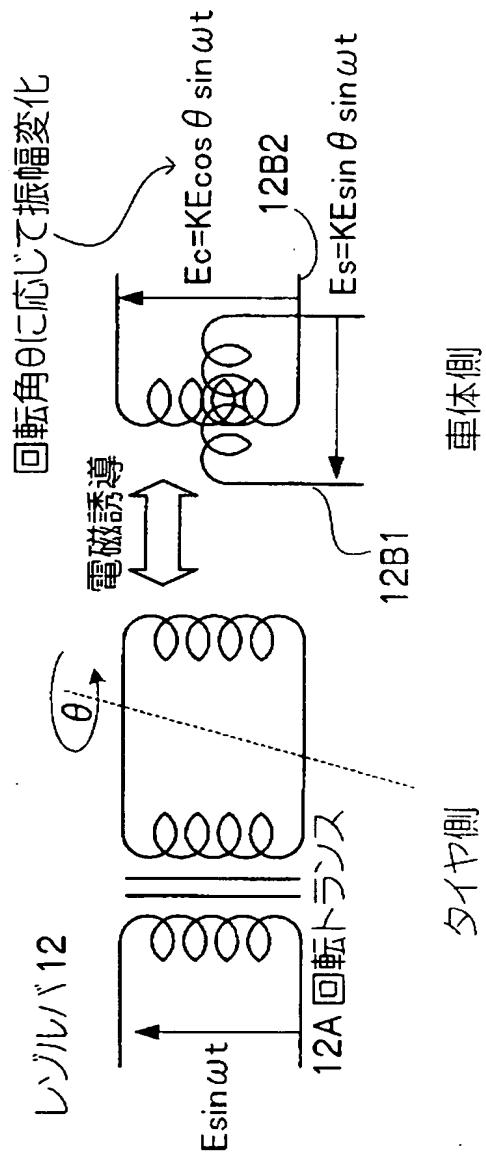
レゾルバ	1 2
R／D変換機	1 4
タイヤ発生力計算器	1 6
乗算器	1 1 0
オフセット検出器	1 1 4
合成モーメント計算器	1 1 6
ピーク角検出器	1 2 0
角ずれ量検出器	1 2 2
分離演算器	1 2 4
コイル	1 3 1 ～ 1 3 3
差動電圧検出器	1 3 5
振幅値検出器	1 3 7
分離演算器	1 4 0

【書類名】 図面

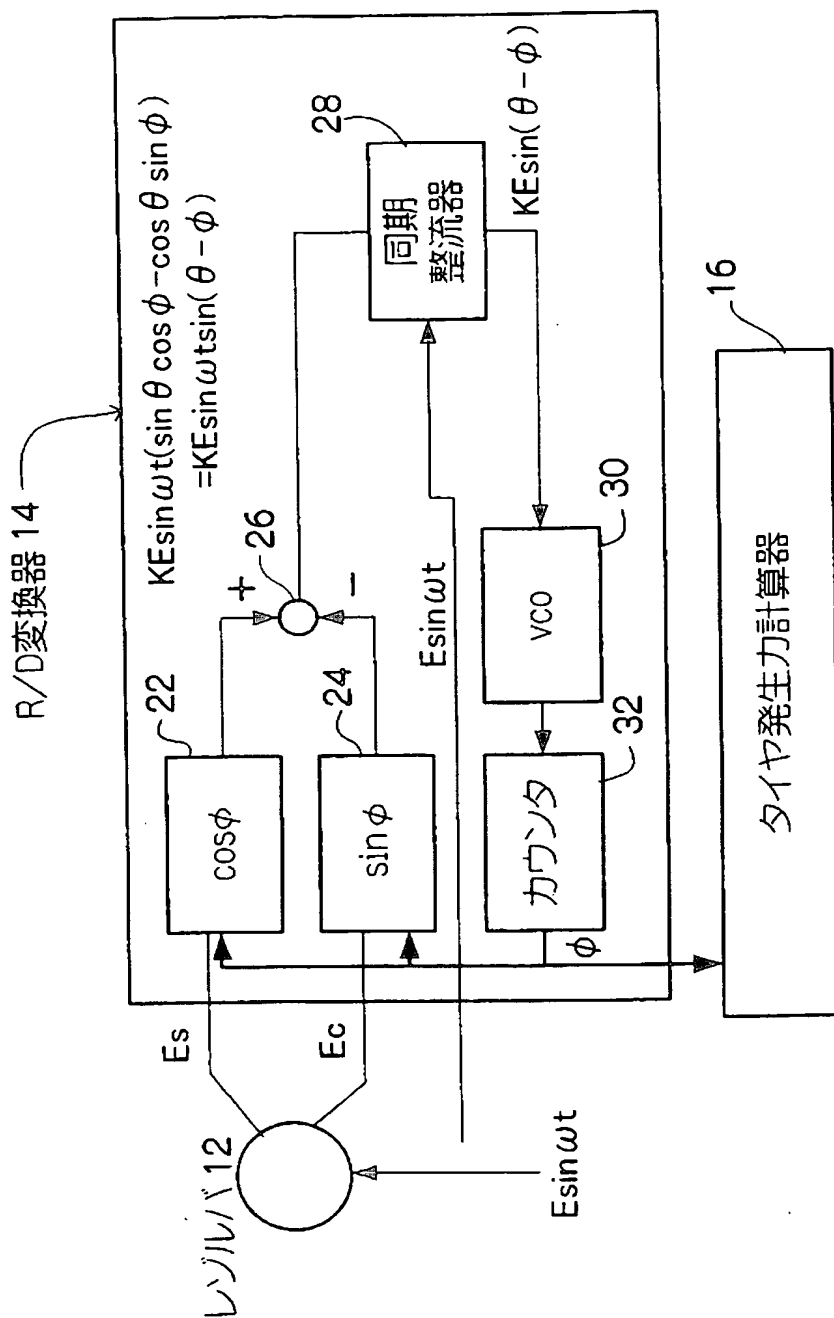
【図 1】



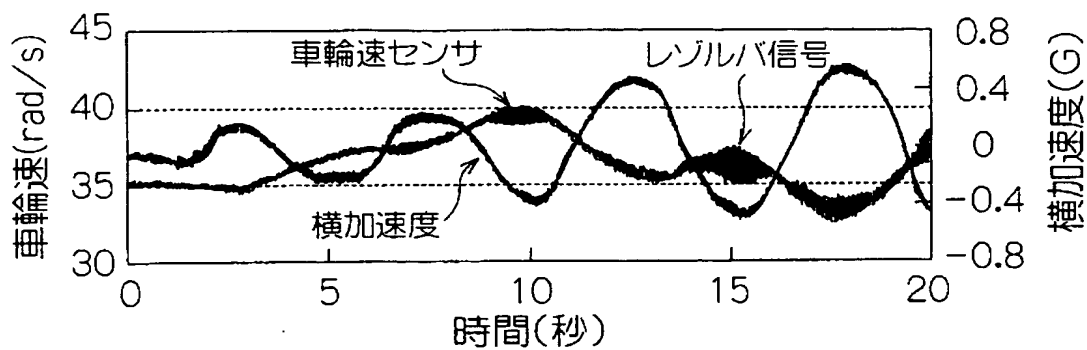
【図 2】



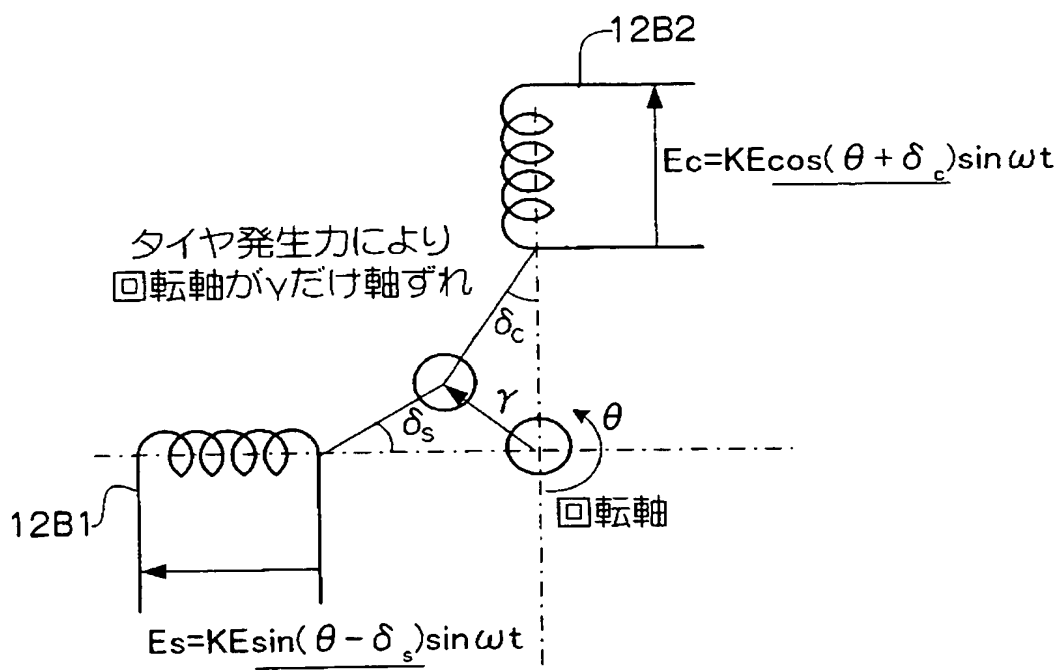
【図 3】



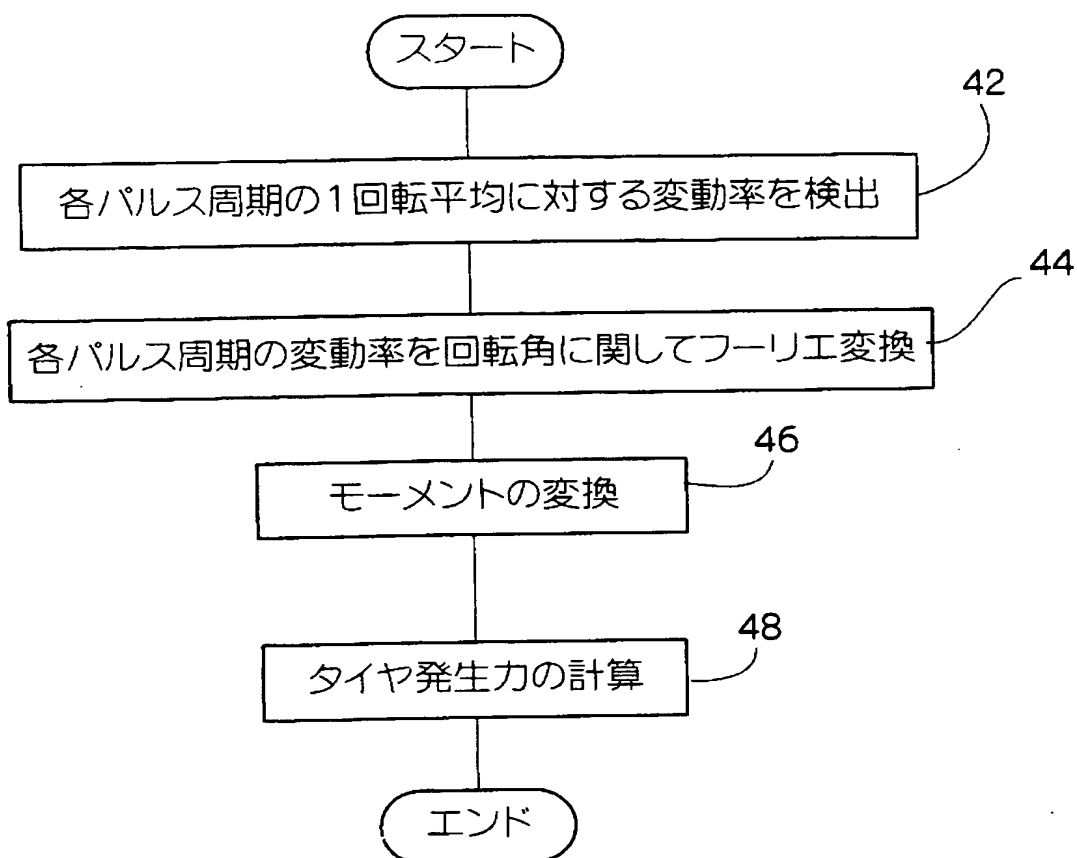
【図 4】



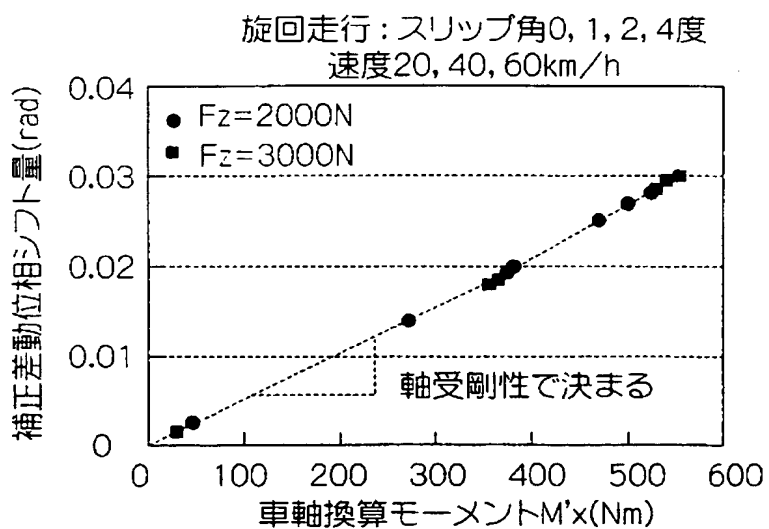
【図 5】



【図 6】

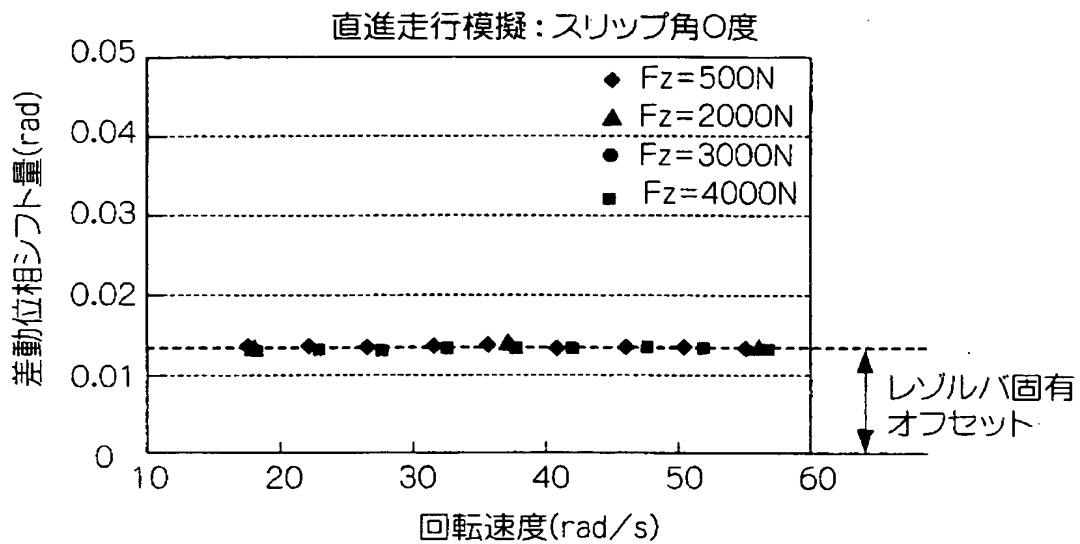


【図 7】

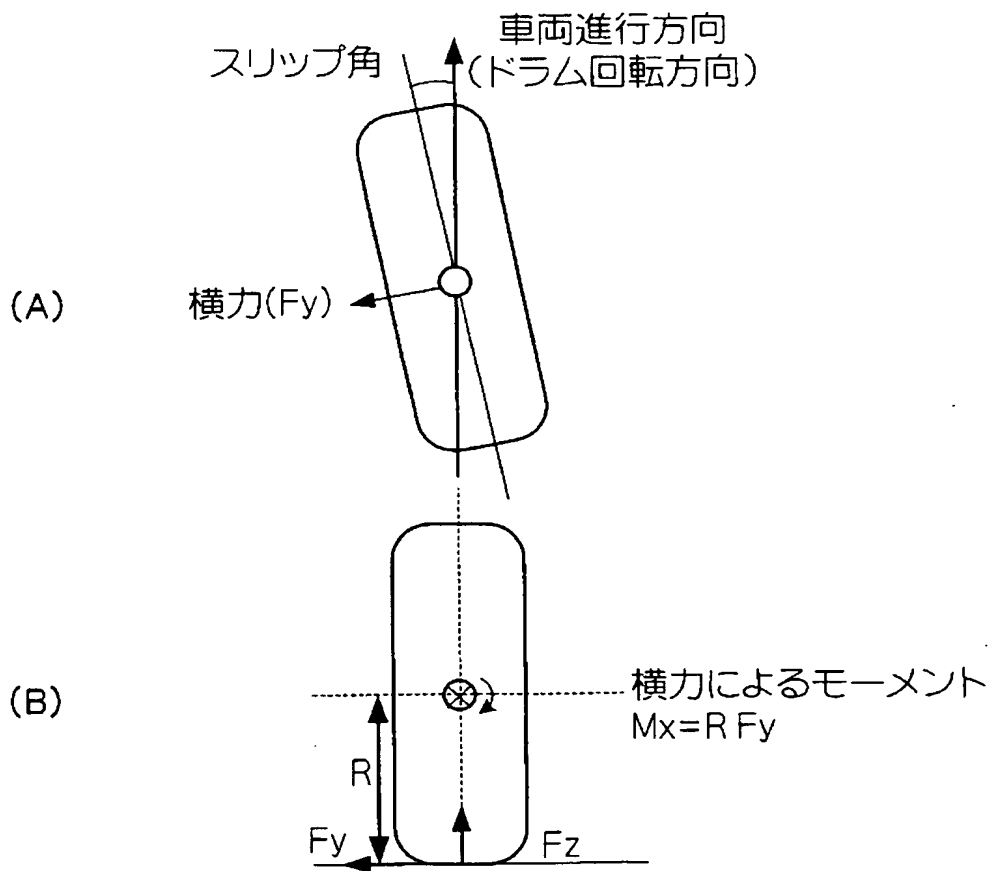


【図 8】

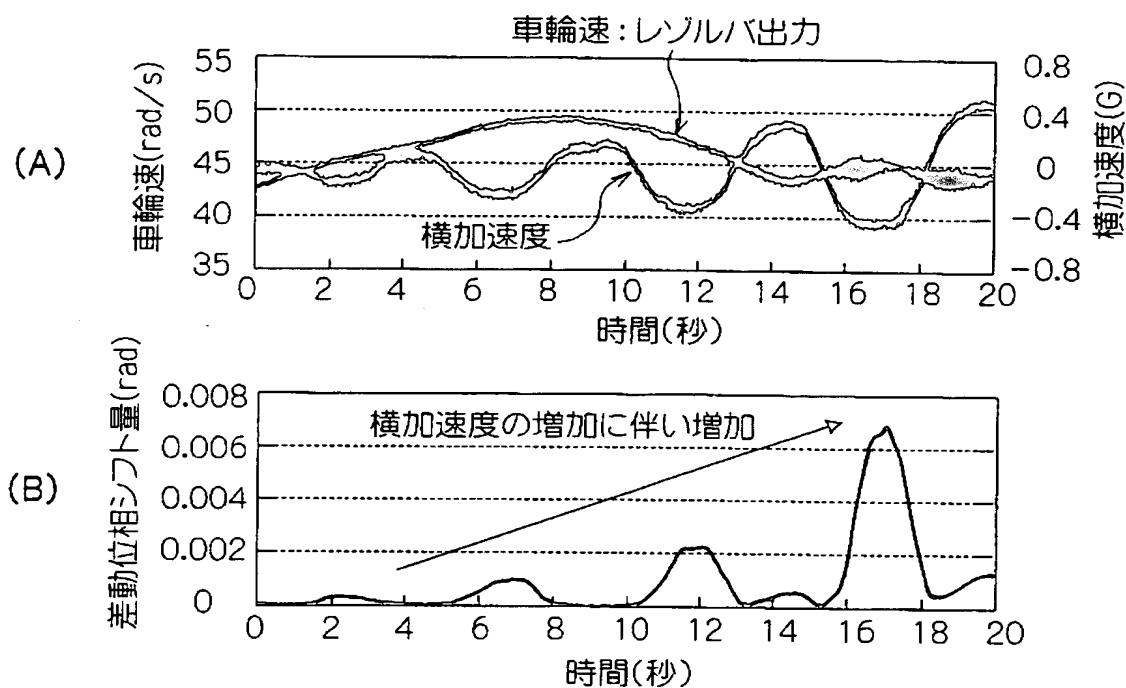
## 差動位相シフト量の補正



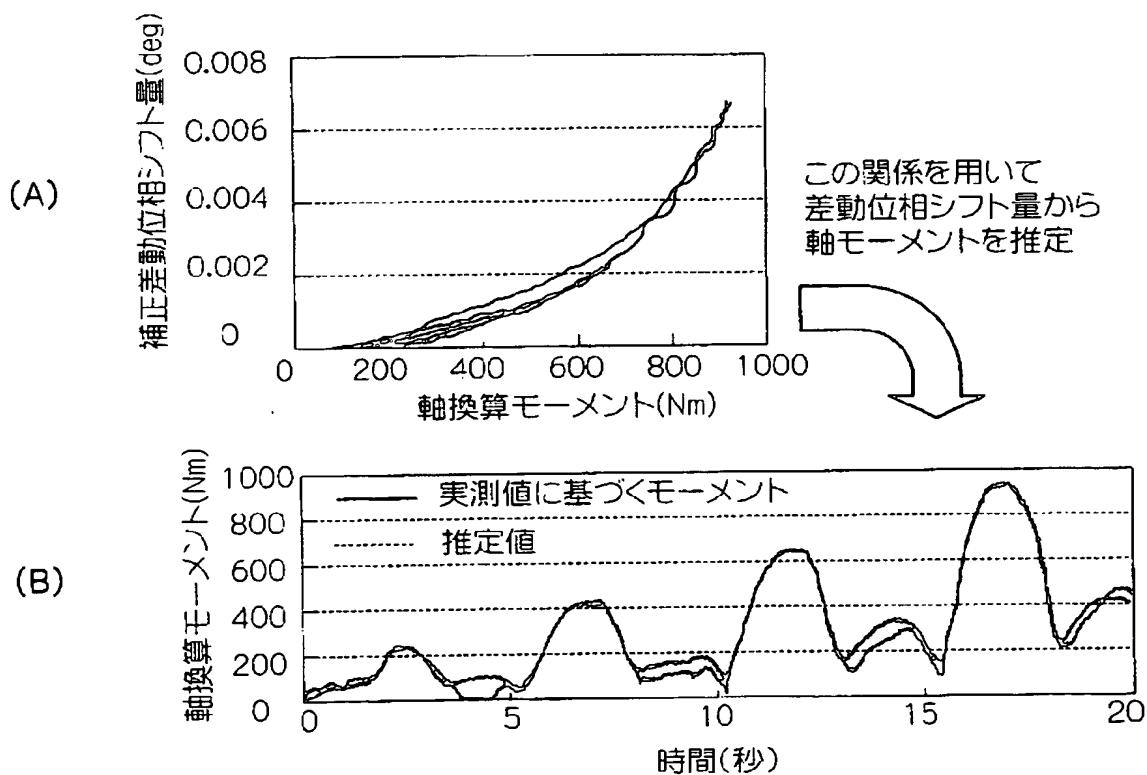
【図 9】



【図10】

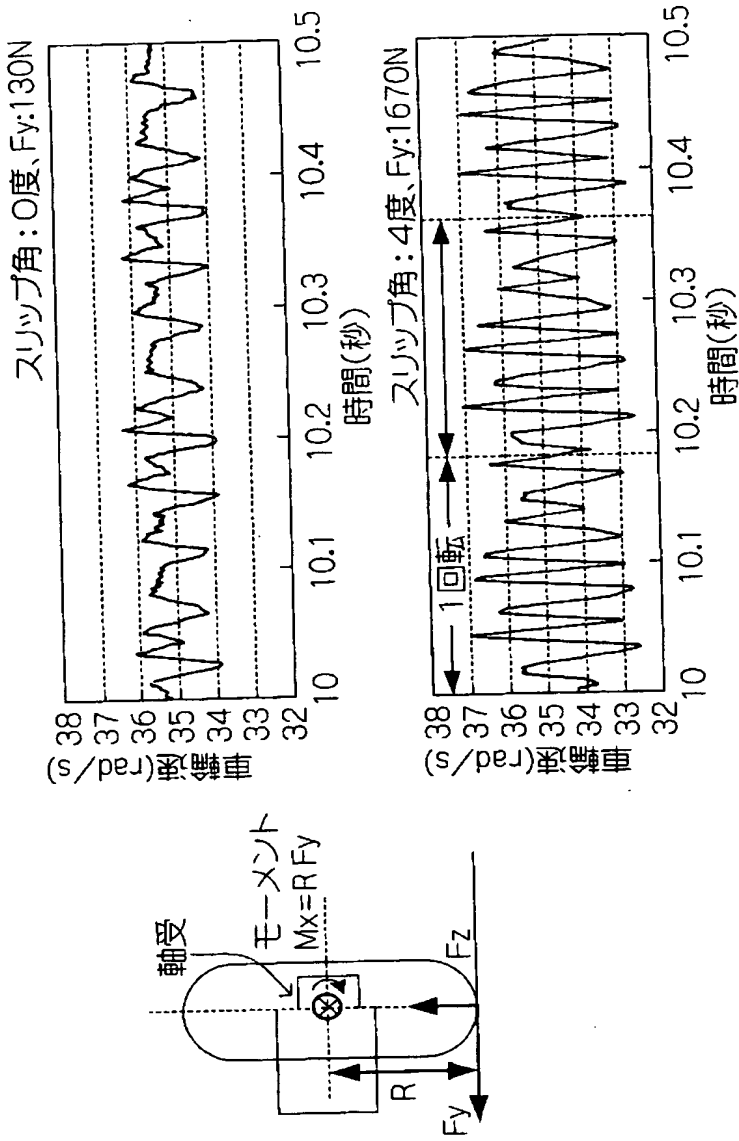


【図11】



【図 12】

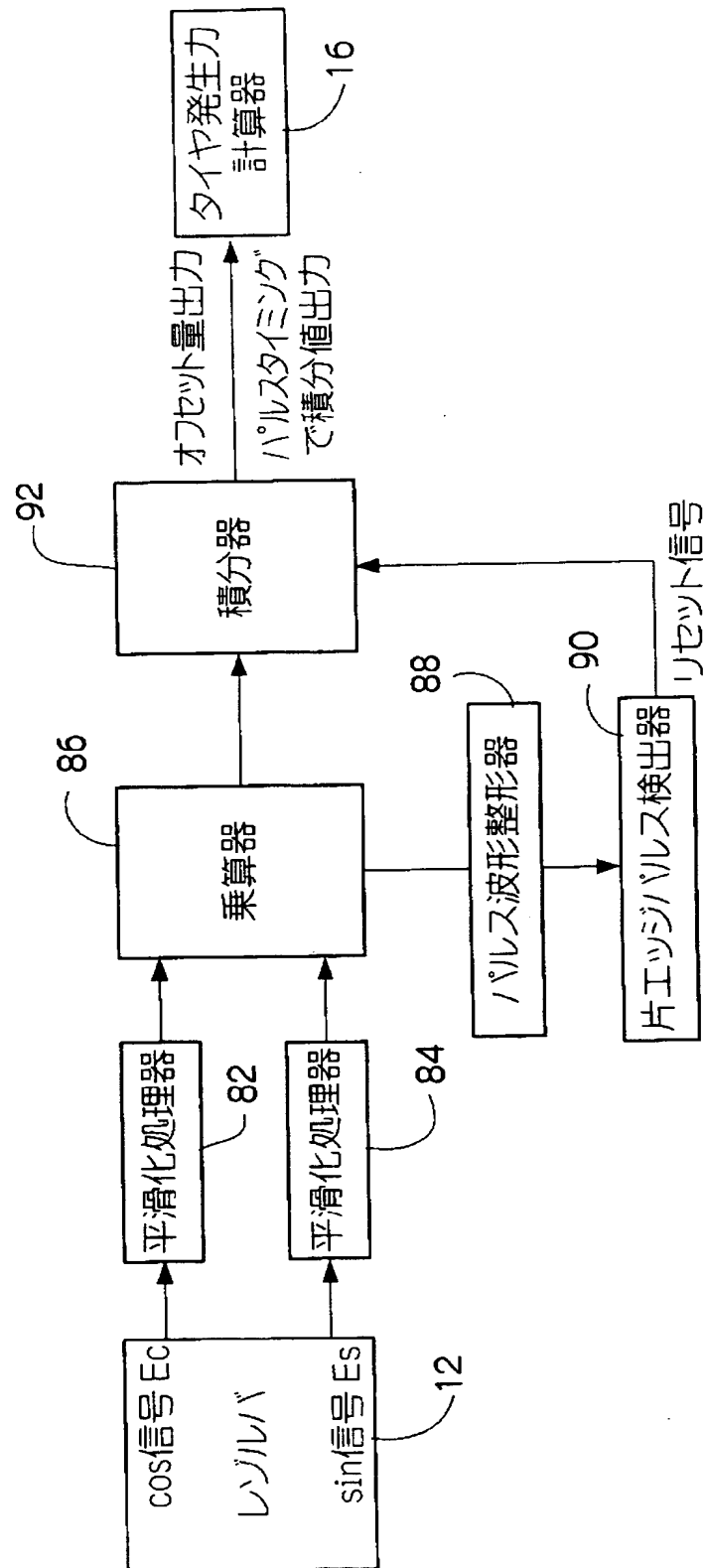
スリップ角発生時の検出速度の挙動



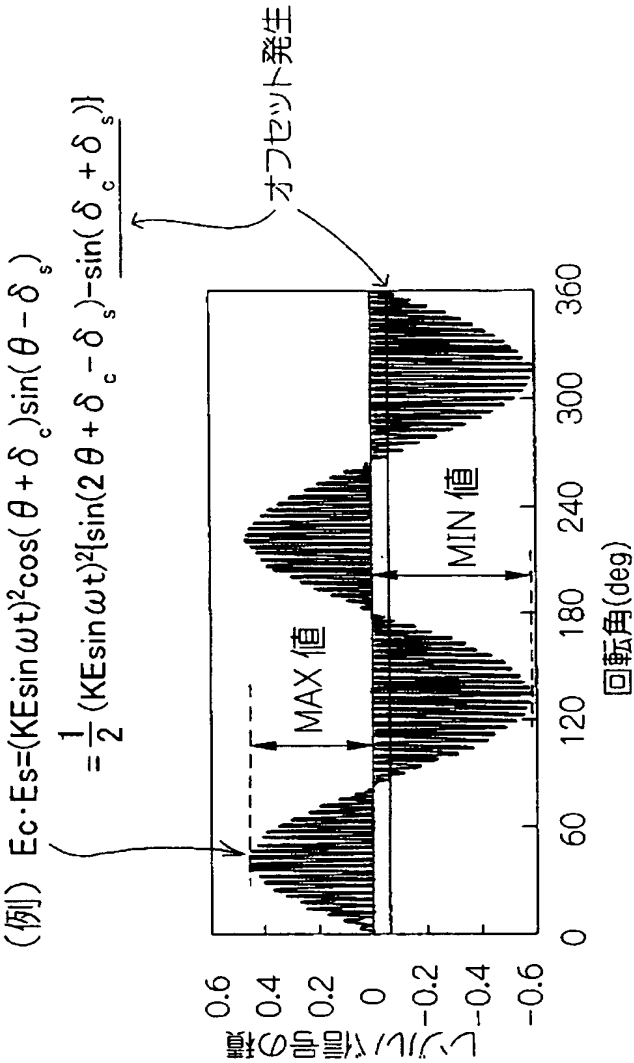
(輪荷重: 2000N, 速度: 40km/h)

レゾナンスの車輪速度信号

【図 13】

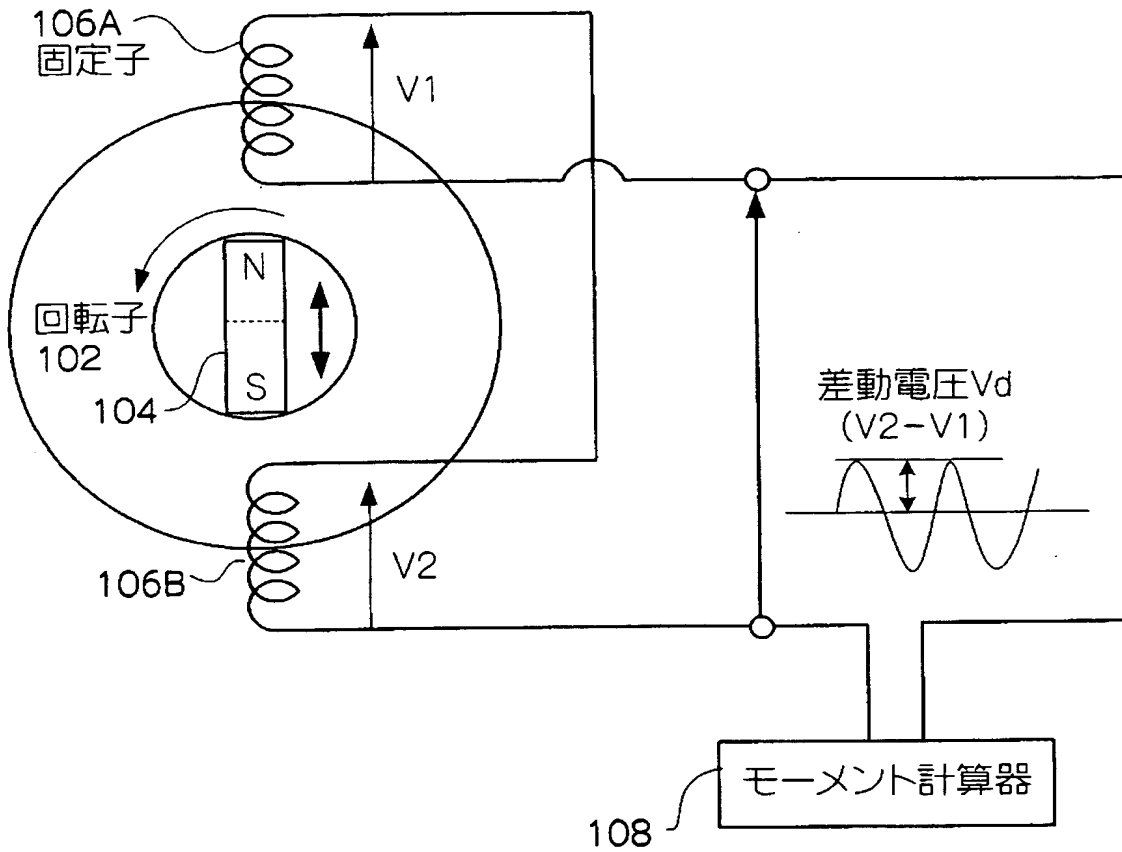


【図 1 4】

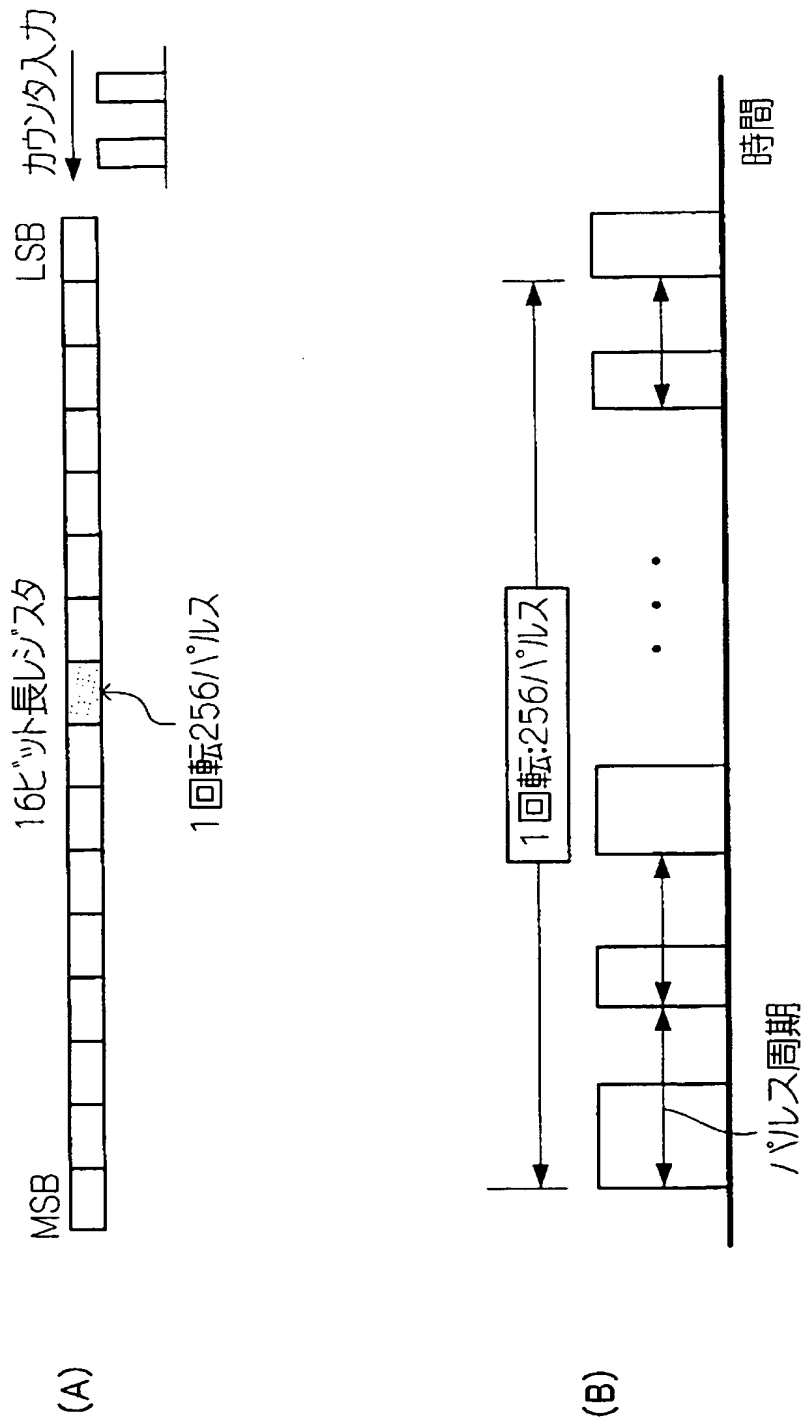


BEST AVAILABLE COPY

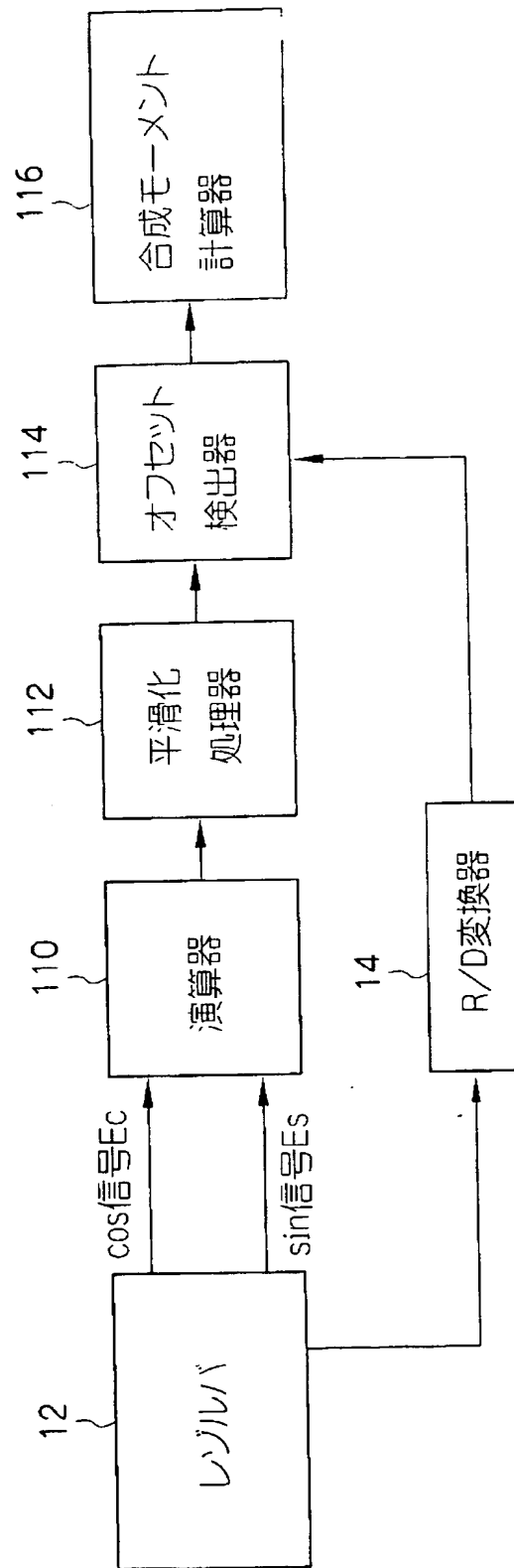
【図 15】



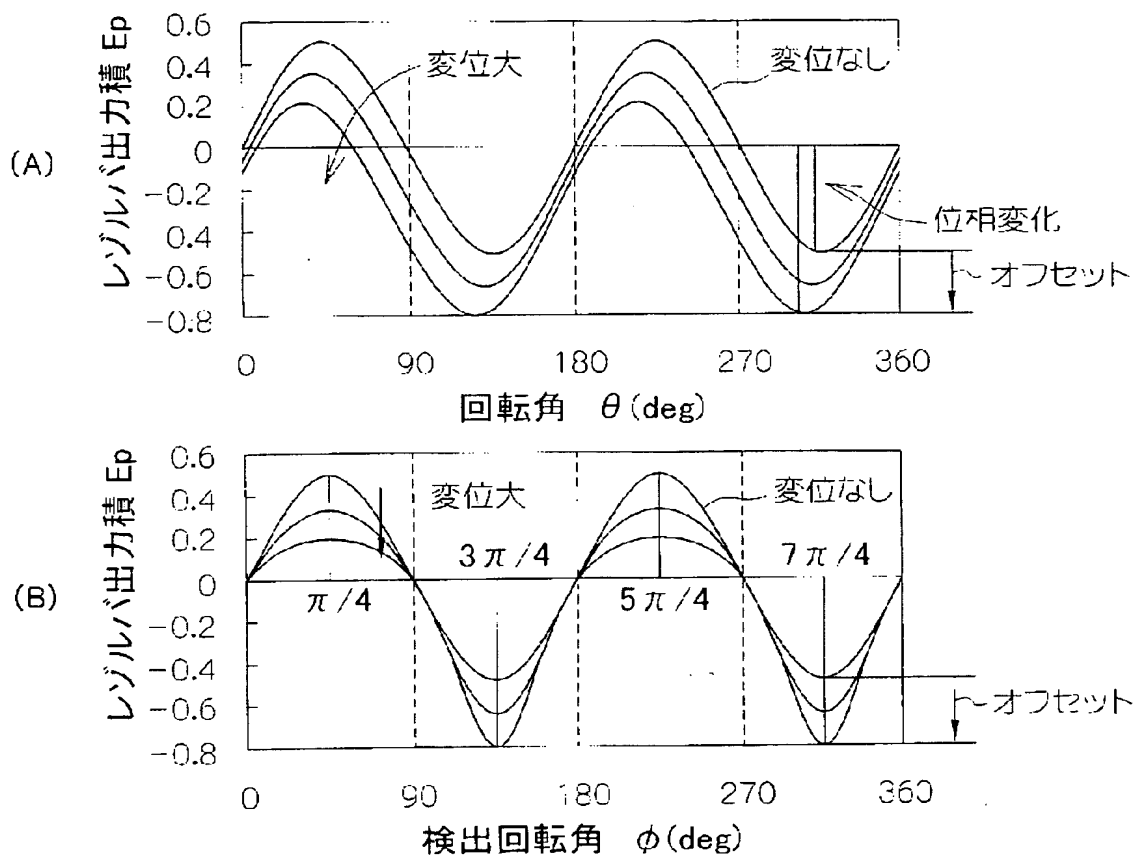
【図 16】



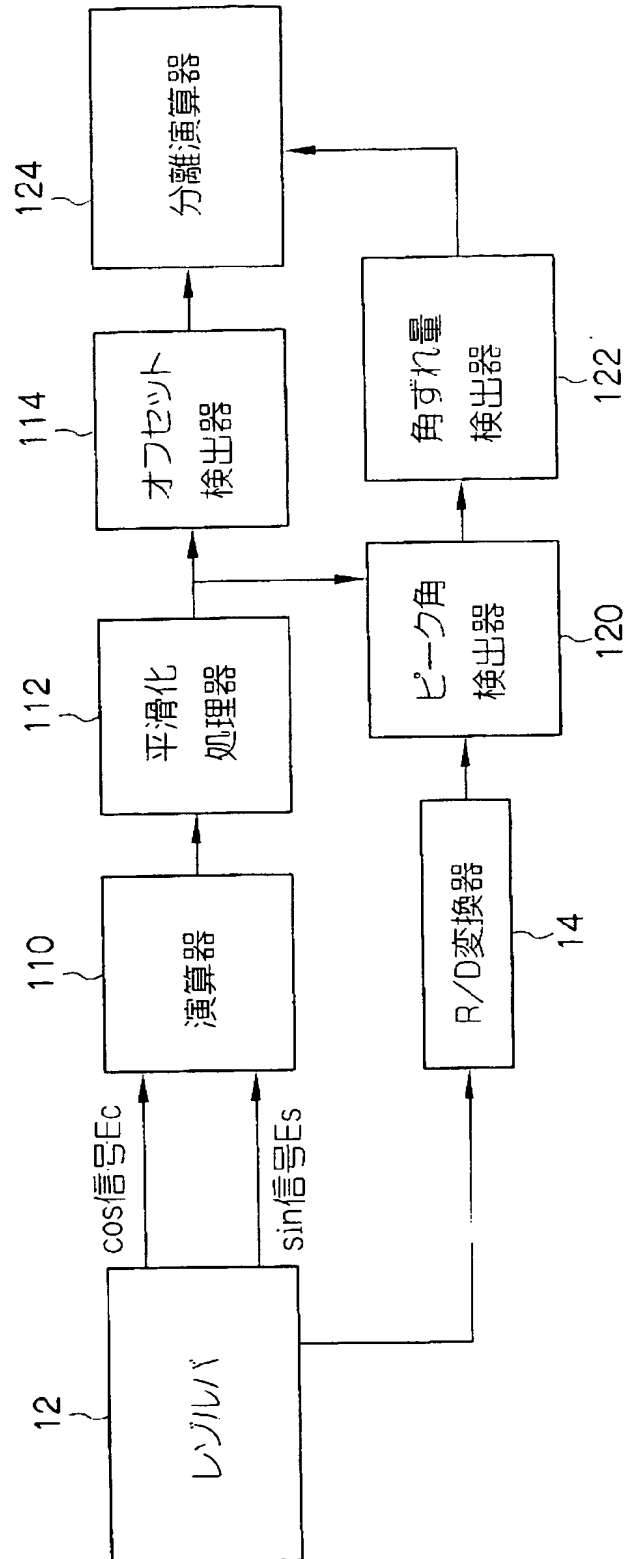
【図 17】



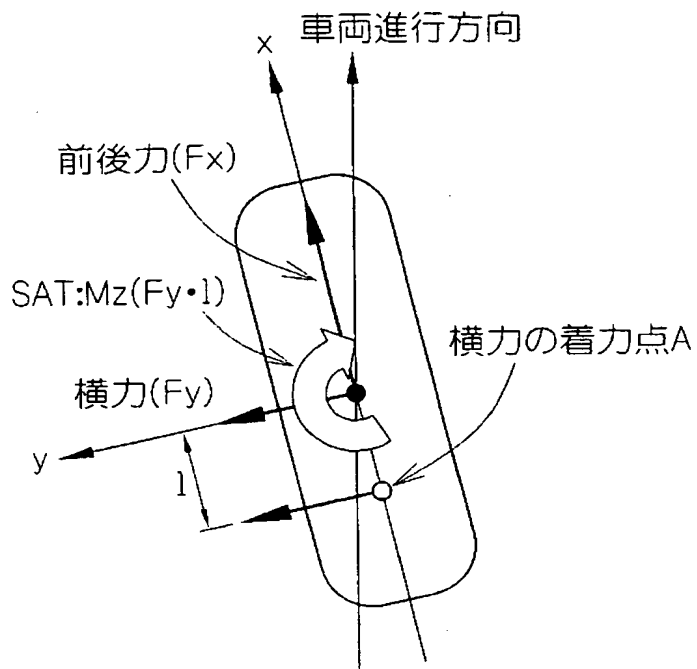
【図 18】



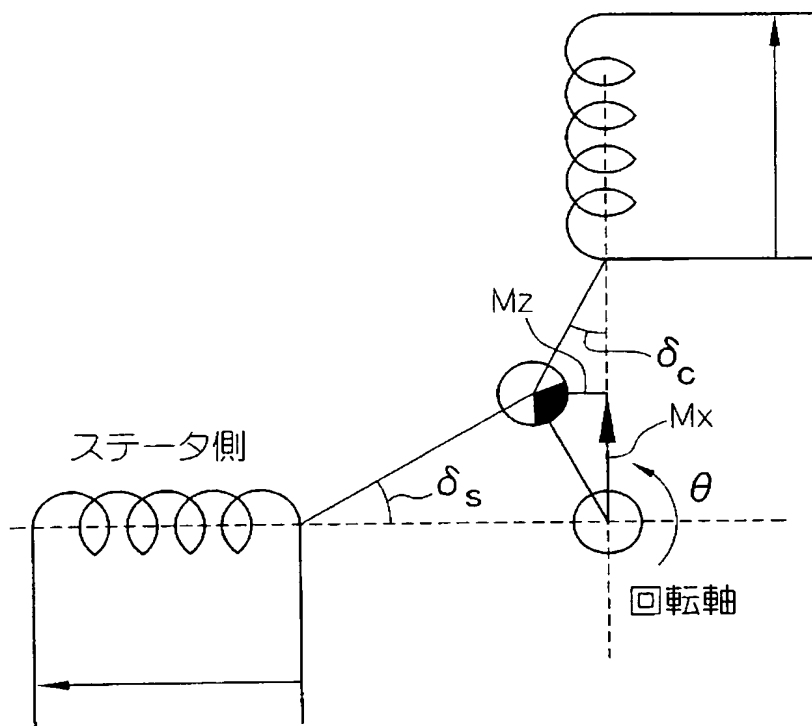
【図 19】



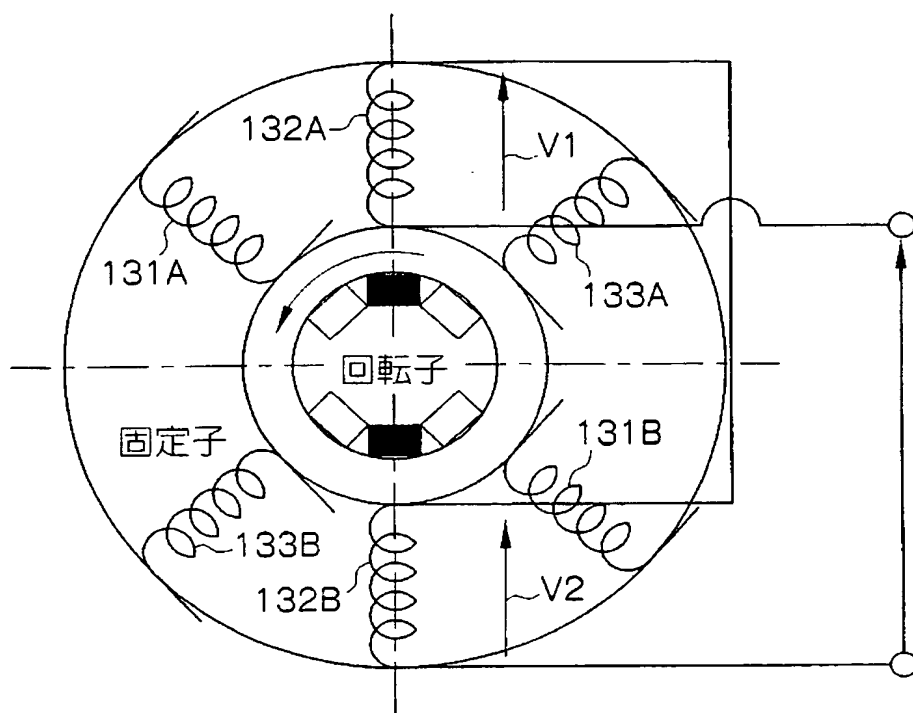
【図 20】



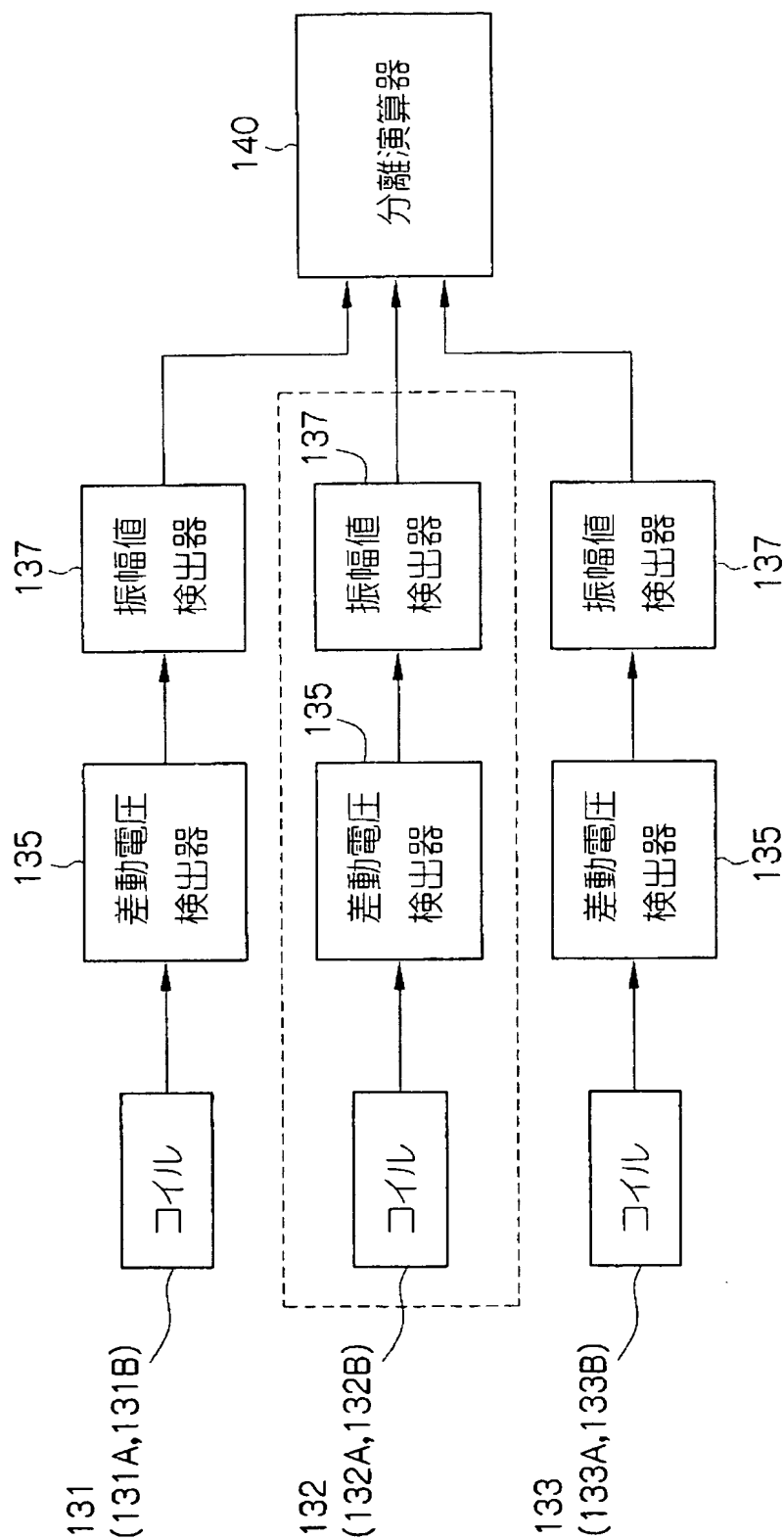
【図 21】



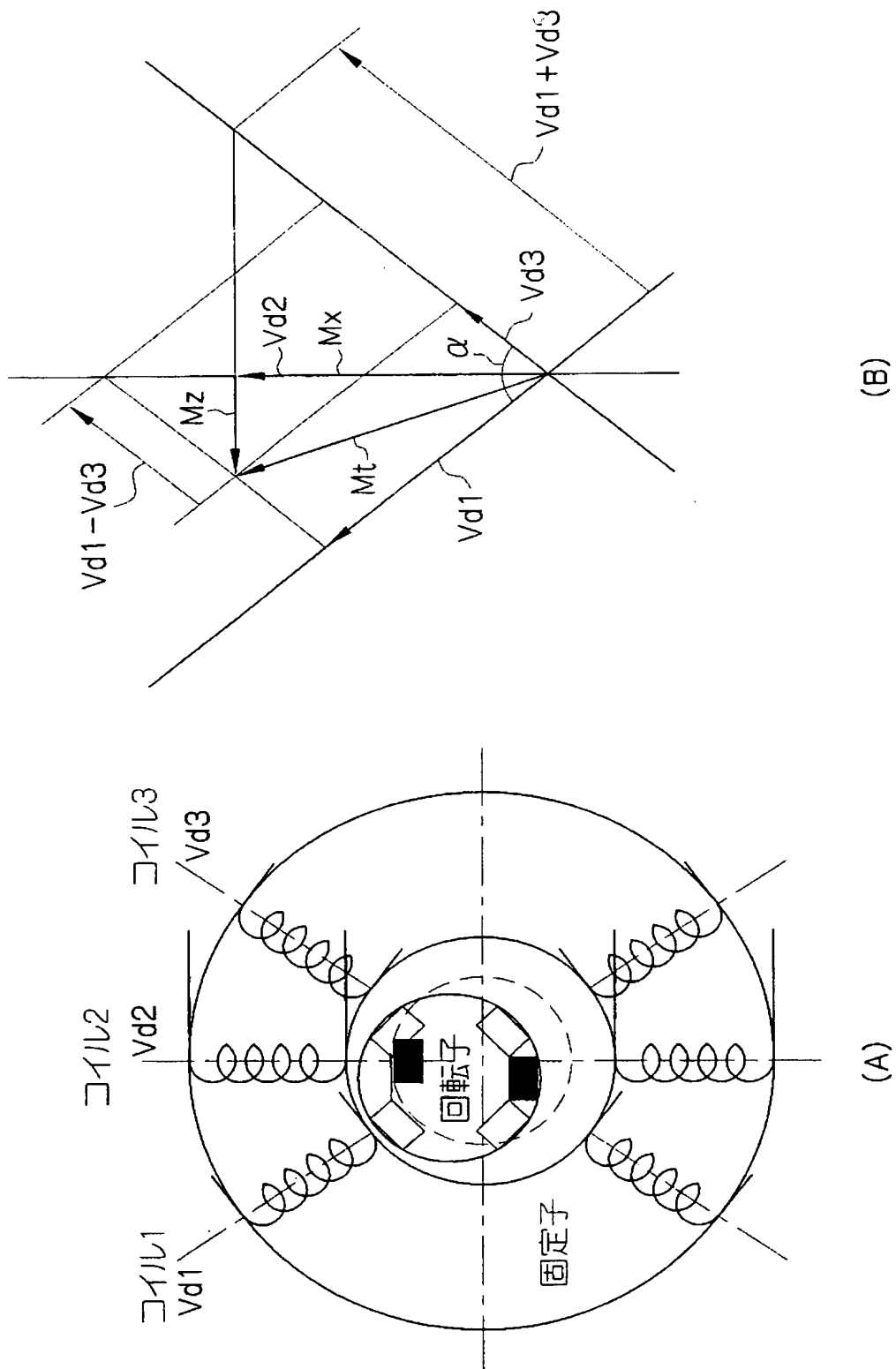
【図 22】



【図 23】



【図 24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信頼性の高いモーメント検出装置及びタイヤ発生力検出装置を提供する。

【解決手段】 レゾルバ 12 は、回転体が回転する基準となりかつ回転平面と平行な成分の力が加わると位置がずれる固定子側の回転軸の位置変化及び該回転体の回転状態に応じて大きさが周期的に変化する複数の信号を発生する。R/D 変換器 14 は、周期が回転体の回転角の回転角及び前記回転軸の位置ずれに対応するパルスを発生する。タイヤ発生力計算器 16 は、前記パルスから、回転軸の位置ずれによって変化する特徴量を検出し、回転軸の位置ずれによって変化する特徴量と回転軸の軸剛性とに基づいて予め定められた関係と、検出された特徴量と、に基づいて、該モーメントを検出し、タイヤ発生力を計算する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 9 7 7 4 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 6 0 9 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年    9 月    6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1

氏 名

株式会社豊田中央研究所